অধ্যায় ১১

চল তড়িৎ

MAIN TOPIC

চল তড়িৎ অধ্যায়ের মূল আলোচ্য বিষয়–

(i) তড়িৎ প্রবাহ

(ii) তড়িৎ এবং ইলেকট্রনের প্রবাহের দিক

(iii) তড়িৎ প্রতিক

(iv) পরিবাহী, অপরিবাহী, অর্ধপরিবাহী পদার্থ

(v) তড়িৎ চালক শক্তি

(vi) বিভব পার্থ্যক্য

(vii) ও'হমের সূত্র **

(viii) রোধ **

(ix) পরিবাহিকত্ব

(x) বর্তনী

(xi) তড়িৎ ক্ষমতা **

(xii) তুল্য রোধ **

(xiii) লোড শেডিং

(xiv) তড়িৎ নিরাপদ ব্যাবহার

(i) তড়িৎ প্রবাহ

কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে। একে ‘I’ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ব্যাখ্যা : ধরি,

কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে,

t সময়ে প্রবাহিত আধান = Q

$$1 \text{ সময়ে প্রবাহিত আধান} = \frac{Q}{t}$$

$$\therefore \mathrm{I} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{t}}$$

$$= \frac{\mathrm{c}}{\mathrm{S}} = \mathrm{cs}^{-1} = \mathrm{A}$$

∴ তড়িৎ প্রবাহের একক A (অ্যাম্পিয়ার)

1A বলতে কি বুঝ?

কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1s এ 1c আধান প্রবাহিত হলে তাকে 1A বলে।

চল বিদ্যুৎ কি?

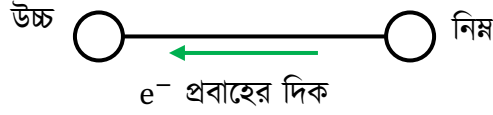
গতিশীল আধানের ক্রিয়ার ফলে যে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় তাকে চল বিদ্যুৎ বলে।

স্থির তড়িৎ থেকে চল তড়িৎ সৃষ্টি—

ঘর্ষনের ফলে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি হয় ঘর্ষনের ফলে সৃষ্ট আধান স্থির ছিল। ঐ আধান চলাচলের জন্য আমরা যদি পরিবহন পথের ব্যাবস্থা করতে পারি তাহলে ঐ স্থির আধান পরিবহন পথ দিয়ে প্রবাহিত হতে থাকবে এবং চল তড়িৎ সৃষ্টি হবে।

(ii) তড়িৎ এবং ইলেক্ট্রন প্রবাহের দিক :

- তড়িৎ উচ্চ বিভবের দিক থেকে নিম্ন বিভবের দিকে যায়।

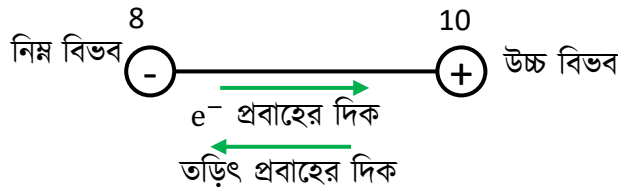
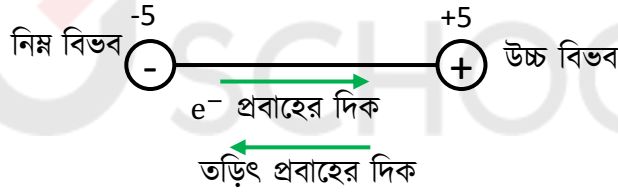
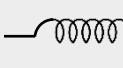
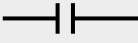
- ইলেক্ট্রন নিম্ন বিভবের দিক থেকে উচ্চ বিভবের দিকে যায়।

উচ্চ বিভব : ধনাত্মক চার্জযুক্ত বিভবকে উচ্চ বিভব বলে।

অথবা,

কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভবের মধ্যে যেটি বড় তাকে উচ্চ বিভব বলে।

নিম্ন বিভব : ঋণাত্মক চার্জযুক্ত বিভবকে নিম্ন বিভব বলে।

অথবা,

কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভবের মধ্যে যেটি ছোট তাকে নিম্ন বিভব বলে।

ইলেকট্রন প্রবাহের বিপরীত দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

প্রশ্ন : কোনো পরিবাহকে ইলেক্ট্রন A থেকে B এর দিকে গেলে তড়িৎ প্রবাহের দিক কোন দিকে হবে?

আমরা জানি, ইলেক্ট্রন প্রবাহের উলটো দিকে তড়িৎ হয়। অতএব একটি পরিবাহকের মধ্যদিয়ে যদি ইলেকট্রন A থেকে B এর দিকে যায় তবে তড়িৎ B থেকে A এর দিকে যাবে।

(iii) তড়িৎ প্রতিক :

যে সকল প্রতিক তড়িৎ বর্তনী আকতে ব্যবহৃত হয় তাদের তড়িৎ প্রতিক বলে। সেগুল হলো :

নাম	চিহ্ন	নাম	চিহ্ন
সুইচ		অ্যামিটার	A
দ্বিমুখী সুইচ		ভোল্ট মিটার	V
ডিসি ব্যাটারি		গ্যালভানোমিটার	G
ডিসি কোষ	+	ভূ-সংযোগ তার	
এসি উৎস		আড়াআড়ি তার	
স্থির রোধ		সংযোগবিহীন তার	
পরিবর্তনশীল রোধ		প্যাঁচানো তার	
ফিউজ		বাল্ব	
ধারক			

দুটি পরিবাহির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের জন্য শর্তসমূহ :

1. পরিবাহক গুলো অবশ্যই ধাতু দিয়ে তৈরি হতে হবে ।
2. যে দুটি পরিবাহকের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে তাদের মধ্যে অবশ্যই বিভব পার্থক্য থাকবে।

(iv) পরিবাহী পদার্থ

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তাদের পরিবাহী পদার্থ বলে। সব ধাতু, গ্রাফাইট।

অপরিবাহী পদার্থ : যে সকল পদার্থ বিদ্যুৎ পরিবহন করে না তাকে অপরিবাহী বলে। যেমন : প্লাস্টিক, রাবার, শুকনো কাঠ। এদের অন্তরক পদার্থ ও বলা হয়।

অর্ধপরিবাহী : যে সকল পদার্থ সাধারণ অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবহন করে না কিন্তু উত্তপ্ত বা ভেজাল মিশ্রিত করলে বিদ্যুৎ পরিবহন করে তাকে অর্ধপরিবাহী বলে। যেমন : প্লাস্টিক, রাবার, শুকনো কাঠ। এদের অন্তরক পদার্থ ও বলা হয়। যেমন : জার্মেনিয়াম, সিলিকন।

ডোপায়ন : ভেজাল মিশ্রিত করিয়া অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি করার প্রক্রিয়াকে ডোপায়ন বলে।

সাধারণ অবস্থায় সিলিকন বিদ্যুৎ পরিবহন করে না কেন?

সিলিকন খন্ডে প্রতিটি সিলিকন পরমাণু অপর চারটি সিলিকনের সাথে সমযোজী বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে। ফলে কোনো সিলিকন পরমাণুই বিদ্যুৎ চলাচলের জন্য যুক্ত e থাকে না। এজন্য সিলিকন বিদ্যুৎ পরিবহন করে না।

তড়িৎ চালক শক্তি : একক ধনাত্মক আধানকে কোনো বর্তনীর এক বিন্দু থেকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে ঐ বিন্দুতে আনতে যে কাজ সম্পন্ন হয় তাকে তড়িৎ চালক শক্তি বলে। একে E দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ব্যাখ্যা :

ধরি,
Q আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে সম্পন্ন কাজ = W

1 আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে সম্পন্ন কাজ = $\frac{W}{Q}$

$$E = \frac{W}{Q}$$
$$= \frac{J}{C} = JC^{-1}$$
$$= V$$

তড়িৎ বিভব: অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পূর্ণ হয় তাকে তড়িৎ বিভব বলে।

পার্থক্য : একক ধনাত্মক আধানকে এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ দুই বিন্দুর পার্থক্য বলে। একে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ব্যাখ্যা :

ধরি,
Q আধানকে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে আনতে কাজ = W

1 আধানকে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে আনতে কাজ = $\frac{W}{Q}$

$$\therefore V = \frac{W}{Q}$$
$$= \frac{J}{C} = JC^{-1}$$
$$= \text{Volt}$$

বিভব পার্থক্য 1 Volt বলতে কি বুঝ ?

দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 1 Volt বলতে বুঝায় 1 কুলম্ব আধানকে বর্তনীর এক-বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে আনতে 1 J কাজ সম্পূর্ণ হয়েছে।

ও'মের সূত্র : তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর তড়িৎ প্রবাহ পরিবাহীর বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা :

ধরি,
কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V এবং তড়িৎ প্রবাহ I হলে ও'মের সূত্র অনুসারে পাই,

$$I \propto V$$
$$I = GV \text{ ——— (i)}$$

এখানে,
G একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে তড়িৎ প্রবাহিতা বলে।

G এর বিপরীত রাশি R

$$\therefore G = \frac{1}{R}$$

G এর মান i নং এ বসাই,

$$I = \frac{1}{R} \times V$$

$$\text{বা, } I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore I = \frac{V}{R}$$

রোধ : কোনো পরিবাহীর যে ধর্মের জন্য বিদ্যুৎ পরিবহনে বিঘ্ন ঘটে তাকে রোধ বলে। এঁকে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ও'মের সূত্র হতে পাই

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{বা, } R = \frac{V}{I} \qquad = \frac{Volt}{A} \qquad = VoltA^{-1}$$

$\therefore$ রোধের একক = Ω (ওমেগা)

কিভাবে রোধ এর সৃষ্টি হয়?

তড়িৎ প্রবাহ মানে e এর প্রবাহ। কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে নিম্ন বিভব থকে উচ্চ বিভব চলার সময় ঐ পরিবাহীর অনু পরমানুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। তখন ইলেক্ট্রনের গতি বাধাপ্রাপ্ত হয়। তখন রোধ এর সৃষ্টি হয়।

10 Ω (ওমেগা) বলতে কি বুঝ ?

উত্তর : কোনো পরিবাহীড় দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 10 V হলে এবং তার মধ্য দিয়ে 1 A তড়িৎ প্রবাহ চলে তবে তার রোধকে 10 Ω (ওমেগা) বলে।

সরু তারের চেয়ে মোটা তারে বিদ্যুৎ বেশি প্রবাহিত হয় কেন ?

আমরা জানি, যে তারের রোধ যত বেশি হবে, সে তারে বিদ্যুৎ প্রবাহ তত বেশি বাধাপ্রাপ্ত হবে। সরু তারের রোধ মোটা তারের তুলনায় বেশি। ফলে সরু তারে, মোটা তারের তুলনায় বিদ্যুৎ প্রবাহে বেশি বাঁধার সম্মুখীন হবে।

এ কারনে সরু তারের চেয়ে মোটা তারের বিদ্যুৎ বেশি প্রবাহিত হয়।

রোধক : বর্তনীর প্রবাহিত তড়িতের মান নিয়ন্ত্রন করার জন্য নির্দিষ্ট মানের রোধ বিশিষ্ট যে পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় তাকে রোধক বলে।

রোধক দুই প্রকার :

i) স্থির মানের রোধক।

ii) পরবর্তী রোধক।

i) স্থির মানের রোধক : যে সকল রোধকের রোধের মান নির্দিষ্ট তাদের স্থির রোধক বলে।

ii) পরবর্তী রোধক : যে সকল রোধকের রোধের মান প্রয়োজন অনুযায়ী পরিবর্তন করা যায় তাদের পরিবর্তী রোধক বলে। এদের রিও স্টেটও বলা হয়।

রোধের নির্ভরশীলতা :

রোধ চারটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

i) পরিবাহীর দৈর্ঘ্য।

ii) পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল।

iii) পরিবাহীর উপাদান।

iv) পরিবাহীর তাপমাত্রা।

রোধের নির্ভরশীলতা দুটি সূত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

i) দৈর্ঘ্যের সূত্র : নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও উপাদানের পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল স্থির থাকলে রোধ দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

$\therefore R \propto L$

i) ক্ষেত্রফলের সূত্র : নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও উপাদানের পরিবাহীর দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে রোধ ক্ষেত্রফলের ব্যাস্তানুপাতিক।

$\therefore R \propto \frac{1}{A}$

❖ রোধ সম্পর্কিত কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ তথ্য যা মনে রাখা প্রয়োজন

i) লম্বা তারের চেয়ে খাটো তারে বিদ্যুৎ বেশি প্রবাহিত হয় কারণ দৈর্ঘ্য বাড়লে রোধ বাড়ে।

ii) সরু তারের চেয়ে মোটা তারে বিদ্যুৎ বেশি প্রবাহিত হয় কারণ ক্ষেত্রফল বাড়লে রোধ কমে।

iii) তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর রোধ বাড়ে। ফলে বিদ্যুৎপ্রবাহ কমে যায়।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহকের দৈর্ঘ্য ৫ গুণ বড় করলে রোধের কি পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর।

আমরা জানি, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও উপাদানের পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল স্থীর তাহাকলে রোধ দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। সুতরাং, পরিবাহকের দৈর্ঘ্য 5 গুণ বৃদ্ধি করলে এর রোধ 5 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

একটি পরিবাহীর কোষের নিজস্ব অভ্যন্তরীণ রোধ থাকতে পারে। একে r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ধরি,
কোনো তড়িৎ কোষের তড়িৎ প্রবাহ I, তড়িৎ চালক শক্তি E, বহিঃস্থ রোধ R এবং অভ্যন্তরীণ রোধ r হলে,

$I = \frac{E}{R+r}$

আপেক্ষিক রোধ

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে। একে ρ (রো) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\rho = R\frac{A}{L} = \Omega \times \frac{m^2}{m} = \Omega m$$

∴ আপেক্ষিক রোধের একক = Ωm

কোনো তারের আপেক্ষিক রোধ $1.5 \times 10^8\ \Omega m$ বলতে কি বুঝ ?

কোনো তারের আপেক্ষিক রোধ বলতে বুঝায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1m দৈর্ঘ্য এবং $1m^2$ ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট তারটির রোধ $1.5 \times 10^8\ \Omega$

কয়েকটি পদার্থের আপেক্ষিক রোধ :

i) রূপা - $1.59 \times 10^{-8}\ \Omega m$

ii) সোনা - $2.4 \times 10^{-8}\ \Omega m$

iii) তামা - $1.68 \times 10^{-8}\ \Omega m$

iv) গ্রাফাইট - $2.50 \times 10^{-6}\ \Omega m$

v) হীরা - $1 \times 10^{12}\ \Omega m$

vi) নাইক্রোম - $1 \times 10^{-6}\ \Omega m$

টাংস্টেন = 5.5×10^{-8}

বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয় কেন ?

নাইক্রোম এর আপেক্ষিক রোধ এবং গলনাঙ্ক অনেক বেশি। উচ্চ আপেক্ষিক রোধের কারণেই তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। নাইক্রোমের এ ধর্মের কারণেই বৈদ্যুতিক হিটারে পানি খুব দ্রুত গরম হয়। এ কারণে বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয়।

যখন কোনো পদার্থের রোধ বা আপেক্ষিক রোধ প্রকাশ করা হয় তখন তার জন্য তাপমাত্রা নির্দিষ্ট করে বলে দিতে হয় কেন ?

কোনো পদার্থের রোধ হচ্ছে ইলেক্ট্রন প্রবাহে বাঁধা। অণু পরমাণুগুলো যত বেশি কাপাকাপি করে একটি ইলেক্ট্রন তাদেরে ভিতর দিয়ে যেতে তত বেশি বাঁধা প্রাপ্ত হয়। ফলে রোধ ও বেড়ে যায়। তাপমাত্রা বাড়িয়ে দিলে যেহেতু অণু পরমানুগুলো বেশি কাপাকাপি করে তাই সব সময় তাপমাত্রা বাড়লে পদার্থের আপেক্ষিক রোধ বেড়ে যায়। সেজন্য যখন কোনো পদার্থের রোধ বা আপেক্ষিক রোধ প্রকাশ করতে হয় তখন তার জন্য তাপমাত্রাটা নির্দিষ্ট বলে দিতে হয়।

পরিবাহকত্ব : আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে পরিবাহকত্ব বলে। একে σ (সিগমা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আমরা জানি,
আপেক্ষিক রোধ ρ
তাহলে σ (সিগমা) $= \frac{1}{\rho}$

$$= \frac{1}{\Omega m} = \Omega^{-1}\, m^{-1} = (\Omega m)^{-1}$$

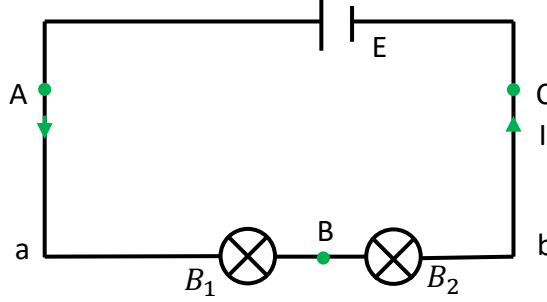
$\therefore$ পরিবাহকত্ব এর একক $= (\Omega m)^{-1}$

বর্তনী : বিদ্যুৎ প্রবাহের সম্পূর্ণ পথকে বর্তনী বলে।

বর্তনীকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়।

i) শ্রেণী বর্তনী।

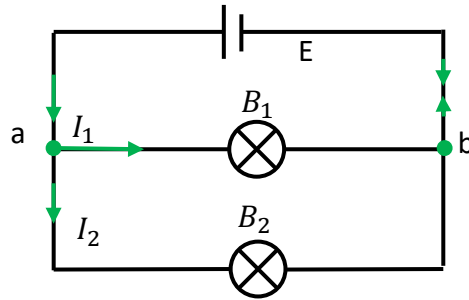
ii) সমান্তরাল বর্তনী।

i) শ্রেণী বর্তনী : যে বর্তনীতে তড়িৎ উপকরণগুলো পর পর সাজানো থাকে তাকে শ্রেণী বর্তনী বলা হয়। শ্রেণী বর্তনীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ সমান ।

চিত্রে E হলো কোষ। দুটি বাল্ব B_1 ও B_2 পরপর রয়েছে। তাই এটি একটি শ্রেণী বর্তনী। লক্ষ্যণীয় B_1 ও B_2 এর প্রান্তগুলো একই বিন্দুতে।

কিছু শ্রেণী বর্তনীর বাস্তব উদাহরণ :

i) বিয়ে বাড়িতে আলোকসজ্জায় যে সকল ছোট ছোট বাতি ব্যবহার করা হয় তা এর উদাহরণ।

ii) টর্চ লাইটের ব্যাটারিগুলো শ্রেণীতে যুক্ত থাকে।

ii) সমান্তরাল বর্তনী : যে বর্তনীতে তড়িৎ উপকরণগুলো এমনভাবে সাজানো থাকে যে প্রবাহটির এক প্রান্তগুলো একটি সাধারণ বিন্দুতে তবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে তবে তাকে সমান্তরাল বর্তনী বলে।

চিত্রে বাল্ব B_1 ও B_2 এর একপ্রান্ত a এবং অপরপ্রান্ত b বিন্দুতে সংযুক্ত। তাই এটি সমান্তরাল বর্তনী।

সমান্তরাল বর্তনীর মূল বিদ্যুৎ প্রবাহ I = $I_1 + I_2$ (চিত্র হতে)

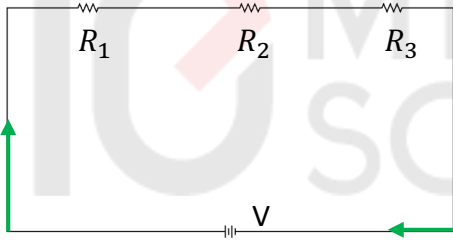
অর্থাৎ,
সমান্তরাল বর্তনীর প্রত্যেক সমান্তরাল শাখার প্রবাহিত তড়ীত প্রবাহসমূহের যোগফল বর্তনীর মূল তড়িৎ প্রবাহের সমান।

তুল্যরোধ : একাধিক রোধের সমষ্টি করাকে রোধের সন্নিবেশ বলে। রোধের কোনো সন্নিবেশের পরিবর্তে যে একটি রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না, তাকে ঐ সন্নিবশের তুল্যরোধ বলে।

রোধের সন্নিবেশ দুই ধরনের হতে আরে :

i) শ্রেণী সন্নিবেশ।

ii) সমান্তরাল সন্নিবেশ।

i) রোধের শ্রেণী সন্নিবেশ :

একে R_s দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উপরের চিত্রে রোধক তিনটি একই শ্রেণীতে রয়েছে। তাই এদের মধ্যে দিয়ে সমান মানের তড়িৎ প্রবাহ I প্রবাহিত হবে।

ও'মের সূত্র হতে পাই,

$$I = \frac{V}{R}$$

বা $V = IR$

বা $V_1 = IR_1$

$V_2 = IR_2$

$V_3 = IR_3$

সবগুলো রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে

$$V = V_1 + v_2 + V_3$$
$$= IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad \text{—— (i)}$$

তুল্যরোধের ক্ষেত্রে

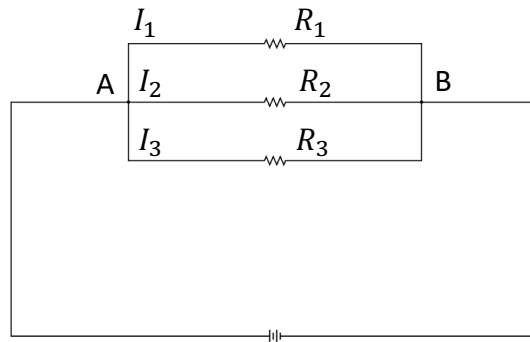
$$V = IR_3$$

V এর মান i নং এ বসাই

$$IR_s = I(R_1 + R_2 + R_3)$$
$$\therefore \quad R_s = (R_1 + R_2 + R_3)$$

যদি কোনো বর্তনীতে তিনটি রোধের পরিবর্তে n সংখ্যক রোধ থাকে তাহলে,

$$R_s = (R_1 + R_2 + R_3 + \text{---------} + R_n)$$

রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ : কতগুলো রোধ যদি এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যে সবকয়টি রোধের একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দু এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে তবং প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্ত একই বিভব পার্থক্য বজায় থাকে, তবে রোধগুলোর এই সন্নিবেশকে সমান্তরাল সন্নিবেশ বলা হয়। একে R_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

চিত্রে R_1 , R_2 , R_3 রোধক সমান্তরাল শ্রেণীতে আছে।

ধরি, R_1 , R_2 , R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান I_1 , I_2 , I_3

∴ বর্তনীতে মোট তড়িৎ প্রবাহ = $I_1 + I_2 + I_3$ ——— (i)

প্রত্যেক রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হওয়ায় ও'মের সূত্রানুসারে,

$I_1 = \frac{V}{R_1}$, $I_2 = \frac{V}{R_2}$ এবং $I_3 = \frac{V}{R_3}$

i নং এ I_1 , I_2 , I_3 এর মান বসাই।

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}) \quad \text{——— (ii)}$$

আবার,
পুরো বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I, বিভব পার্থক্য V এবং রোধ R_p হলে,

$$\therefore I = \frac{V}{R_p} \quad \text{——— (iii)}$$

iii নং থেকে I এর মান ii নং এ বসাই,

$$\frac{V}{R_p} = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

$$V(\frac{1}{R_p}) = V(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

$$\therefore \frac{1}{R_p} = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি n সংখ্যক রোধ সমান্তরালভাবে যুক্ত থাকে তাহলে R_p তুল্যরোধ হলে

$$\frac{1}{R_p} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots \ldots.. + \frac{1}{R_n}\right)^{-1}$$

তড়িতের কৃতকাজ বা ব্যয়িত শক্তি

আমরা জানি,
কোনো বস্তুর কৃতকাজ W = FS

কিন্তু,
আধানের ক্ষেত্রে W = VQ

তবে রোধ, সময় এবং বিভব পার্থক্য দেওয়া থাকলে

$W = \frac{V^2}{R} \times t$

এর একক (J)জুল।

যেভাবে হল

$W = VQ$

$= VIt \; [I = \frac{Q}{t}]$

$= IRIt \; [I = \frac{V}{R}]$

$= I^2Rt$

$= (\frac{V}{R})^2 \times R \times t$

$= \frac{V^2}{R^2} \times R \times t = \frac{V^2}{R} \times t$

তড়িৎ ক্ষমতা: কোনো তড়িৎ যন্ত্রের কাজ সম্পাদনের হার তথা শক্তি রূপান্তরের হারকে তড়িৎ ক্ষমতা বলে। একে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\text{ক্ষমতা} = \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{w}{t}$

$\therefore P = \frac{w}{t} = \frac{VIt}{t}$ [W = VQ = Vit]

$\therefore$ P =VI এর একক(w)ওয়াট।

আবার যদি বিভব পার্থক্য ও রোধ দেয়া থাকে তাহলে

$P = \frac{V^2}{R}$

যেভাবে হল

$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$

ক্ষমতার একক(W)ওয়াট।

তবে
চল তড়িতের অনেক প্রশ্নে KW(কিলোওয়াট) MW(মেগাওয়াট) ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

$1KW = 10^3$ W
$1MW = 10^6$ W

আমাদের ব্যবহৃত কয়েকটি জিনিসের ক্ষমতা :

i) বৈদ্যুতিক পাখা(65-75)w

ii) টেলিভিশন (60-70)W

iii) এনার্জি বাল্ব (11-30)W

কোনো বৈদ্যুতিক বাল্বের ক্ষমতা 50W বলতে কি বুঝায় ?

কোনো বৈদ্যুতিক বাল্ব এর ক্ষমতা 50W বলতে বুঝায় এটি একক সময়ে 50J তড়িৎ শক্তিকে আলোক শক্তিতে রূপান্তর করে।

কোনো বাতির গায়ে 200V-32W লিখা আছে।এর অর্থ কি ?

কোনো বাতির গায়ে 200V-32W লেখা দ্বারা বুঝায় এটি 200Vবিভব পার্থক্যে সংযোগ দিলে বাতিটি সর্বোচ্চ 32W ক্ষমতায় চলবে এবং প্রতি সেকেন্ডে 32J হারে শক্তির রূপান্তর ঘটবে।

তড়িৎ শক্তি ব্যয়ের হিসাব

BOT কি ?

BOT এর পূর্ণরূপ হলো Board of Trade Unite. সারাদেশে ও বিশ্বে বিদ্যুৎ কোম্পানিগুলো এই একক ব্যবহার করে বিদ্যুৎ বেচা কেনা করে। এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন যন্ত্র এক ঘন্টা ধরে যে বিদ্যুৎশক্তি ব্য্য করে তাকে 1BOT বলে।

1 Unit : 1 কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন যন্ত্র এক ঘন্টা ধরে যে বিদ্যুৎ শক্তি ব্য্য করে বা যে কাজ করে তার পরিমান 1 ইউনিট বলে। অতএব এটি KWh হিসেবে ক্করা হয়।

***** একটি বিষয় মনে রাখতে হবে। 1B.O.T. = 1 ইউনিট = 1KWh**

আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t}$

বা, W = Pt [এখানে P ওয়াটে এবং সময় ঘন্টা]

যেহেতু, ইউনিট হচ্ছে কৃতকাজ, আর ইউনিট এর একক KWh. তাই W = ইউনিট করতে হলে $W = \frac{Pt}{1000}$ করতে হবে।

1KWh কে জুলে প্রকাশ কর ?

আমরা জানি,

1 কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পূর্ণ কোনো যন্ত্র 1 ঘন্টায় যে কাজ সম্পূর্ণ করবে তাকে 1Kwh বলে।

$$\therefore 1\text{KWh} = 1\text{KW} \times 1\text{h}$$

$$= 1000\text{W} \times 1\text{h}$$

$$= \frac{1000\,J \times (60\times60)s}{1s}$$

$$= 3600000J$$

$$= 3.6\times10^6 J$$

$$\therefore 1\text{KWh} = 3.6\times10^6 J \quad \text{(Ans.)}$$

তড়িৎ সিস্টেম লস : বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এই ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার এর সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যেসকল পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় তাদের নিজস্ব একটি রোধ থাকে। ফলে এই রোধকে অতিক্রম করার জন্য এ বিদ্যুৎ এর কিছু অংশ খরচ হয়ে যায়। যার পরিমাণ সবসময় I^2R। এই খরচ বা লসই তড়িৎ সিস্টেম লস।

সিস্টেম লস কিভাবে কমানো যায়?

বিদ্যুৎ কেন্দ্রে নিম্ন ভোল্টেজের বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করে। পরে এই ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার এর সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। তারপর এটিকে তারের মাধ্যমে অন্য স্থানে নিয়ে যাওয়া হয়। ফলে তারের নিজস্ব রোধের কারণে কিছু তড়িৎ লস হয়। আমরা যদি সঞ্চালন তারের ভোল্টেজ বৃদ্ধি করি তাহলে রোধ কমে যাবে ফলে সিস্টেম লস কমে যাবে।

লোড শেডিং : বিদ্যুৎ এর চাহিদার চেয়ে কম বিদ্যুৎ উৎপন্ন হলে কোনো এলাকায় বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ করে করাকে লোড শেডিং বলে।

বিদ্যুৎ এর নিরাপদ ব্যবহার

যখন কেউ ভেজা মাটিতে ভেজা পা নিয়ে দাড়ানো অবস্থায় বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হয় তখন সেটি বেশী বিপদজনক হয় কেন?

শুকনো অবস্থায় মানুষের রোধ প্রায় $3000\,\Omega$ থেকে $5000\,\Omega$ হলেও ভেজা অবস্থায় সেটি হাজার গুণ কমে যায়। ফলে তড়িৎ প্রবাহ বেড়ে যায়। কাজেই ওহমের সূত্র ব্যবহার করে আমরা দেখাতে পারি আমাদের দেশের 220 V (ভোল্ট) শরীরের ভেতর দিয়ে মানুষকে মেরে ফেলার মত বিদ্যুৎপ্রবাহ করতে পারে। এই কারণে ভেজা মাটিতে ভেজা পা নিয়ে দাড়ানো অবস্থায় বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হয় তখন সেটি বেশী বিপদজনক হয়।

হেয়ার ড্রায়ার বা ইস্ত্রির মত জিনিস পানির কাছাকাছি ব্যবহার করা বিপদজনক কেন?

পানি বিদ্যুৎ পরিবাহী কাজেই কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে পানি ঢুকে গেলে সেখানে শর্ট-সার্কিট হয়ে বিপদজনক অবস্থা হতে পারে। এ কারণে হেয়ার ড্রায়ার বাই ইস্ত্রির মত জিনিস পানির কাছাকাছি ব্যবহার করলে, হঠাৎ করে সেটি যদি পানিতে পড়ে যায়, তবে সেই পানি কেউ স্পর্শ করলে বৈদ্যুতিক শক খেয়ে অনেক বড় বিপদ হতে পারে।

সার্কিট ব্রেকার : হঠাৎ করেই বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ করার জন্য সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয়। সার্কিট ব্রেকার এমনভাবে তৈরি করা হয় যে এর ভেতর থেকে নিরাপদ সীমার বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলেই সার্কিট ব্রেকার বর্তনী তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দেয়। ফলে বড় দুর্ঘটনা থেকে বাঁচা যায়।

ফিউজ : বৈদ্যুতিক বর্তনীর অধিক তড়িৎ প্রবাহ প্রতিরোধের জন্য ফিউজ ব্যবহার করা হয়। বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিকে অধিক তড়িৎ প্রবাহ থেকে রক্ষা করার জন্য নিরাপদ যে তার ব্যবহার করা হয় তাকে ফিউজ বলে। একে বর্তনীর সাথে যুক্ত করা হয়, যাতে অতিরিক্ত প্রবাহ চলার সময় ফিউজটি পুরে বর্তনী সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়। ফলে বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি অতিরিক্ত প্রবাহ জনিত ক্ষতি থেকে রক্ষা পায়।

জ্ঞানমূলক প্রশ্নোত্তর

তড়িৎ বর্তনী কী? [ঢা. বো. '১৭; চ. বো. '১৭]

তড়িৎ বর্তনী হলো তড়িৎ চলার সম্পূর্ণ পথ।

তড়িচ্চালক শক্তি কাকে বলে? [রা. বো. '১৬; সি. বো. '১৭]

পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য বজায় রাখতে তড়িৎকোষ যে তড়িৎ বল সরবরাহ করে সেটিকে কোষের তড়িচ্চালক শক্তি বলে।

তড়িৎ শক্তি কী? [দি. বো. '১৭]

তড়িতের কাজ করার সামর্থ্যই তড়িৎ শক্তি।

আপেক্ষিক রোধ কাকে বলে? [চ. বো. ১৬; সি. বো. '১৬]

কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ বলে।

তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে? [ঢা. বো. '১৫]

কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

ওহমের সূত্রটি লিখ। [য. বো. '১৫; সি. বো. '১৫]

ওহমের সূত্রটি হলো- তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে যে তড়িৎপ্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভবপার্থক্যের সমানুপাতিক।

তড়িৎ ক্ষমতা কী? [ব. বো. '১৫]

কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রে তড়িৎশক্তিকে অন্যান্য শক্তিতে রূপান্তরিত করার হারই তড়িৎ ক্ষমতা।

BOT কী?

এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোন তড়িৎ যন্ত্র এক ঘন্টা কাজ করলে যে পরিমান তড়িৎ শক্তিকে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করে বা ব্যয় করে তাকে এক কিলোওয়াট ঘণ্টা বা 1 BOT বলে।

ফিউজ কী?

বৈদুতিক বর্তনী অধিক তড়িৎ প্রবাহ প্রতিরোধের বৈদুতিক ক্যাবলের জীবন্ত তারে যে স্বল্প দৈর্ঘ্যের চিকন তার ব্যবহার করা হয় তাই ফিউজ।

পরিবাহক কাকে বলে?

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ তথা আধান সহজে চলাচল করতে পারে তাদেরকে পরিবাহক বলে।

অন্তরক বা অপরিবাহক কী?

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ তথা আধান চলাচল করতে পারে না তারাই অন্তরক বা অপরিবাহক।

রোধ কাকে বলে?

পরিবাহকের যে ধর্মের জন্য এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ বিঘ্নিত হয় তাকে রোধ বলে।

রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশ কাকে বলে?

যদি কোনো বর্তনীতে দুই বা ততোধিক রোধ তড়িৎ উপকরণ বা যন্ত্র এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যে, সব কয়টির একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অপর প্রান্তগুলো অপর একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে তাহলে সে সংযোগকে সমান্তরাল সন্নিবেশ বলে।

পরিবাহকত্ব কাকে বলে?

আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে পরিবাহকত্ব বলে।

অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর

সিস্টেম লস কীভাবে কমানো যায়? [ঢা. বো. '১৭]

বিদ্যুৎ কেন্দ্রে উৎপাদিত নিম্ন ভোল্টেজের বিদ্যুৎ শক্তিকে যদি উচ্চধাপী টাঙ্গফর্মারের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে পরিণত করা যায় তবে তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িতের মান কম হয়। তড়িতের মান কম হলে রোধজনিত লসের পরিমাণও পূর্বের থেকে কম হয়। ফলে সিস্টেমসও কম হয়।

তামার একটি তারকে টেনে সুষমভাবে লম্বা করলে এর রোধের কী পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা কর।

[য. বো. '১৭; ব. বো. '১৭]

একটি তামার তারকে টেনে সুষমভাবে লম্বা করলে এর রোধের পরিবর্তন হবে।

নির্দিষ্ট পরিবাহকের রোধ পরিবাহকের দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ওপর নির্ভর করে। দৈর্ঘ্য বেশি হলে রোধ বেশি হবে, আর কম হলে রোধ কম হবে। অন্যদিকে প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বেশি হলে রোধ কম হবে, আর কম হলে রোধ বেশি হবে। যেহেতু তারটিকে টেনে সুষমভাবে লম্বা করা হলো। তাই এর রোধ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পাবে। অন্যদিকে, তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলও কমে যাবে, ফলে রোধ বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ, মোটা তারের তুলনায় চিকন তারের রোধ বেশি। অতএব, তামার তারটিকে টেনে সুষমভাবে লম্বা করলে এর রোধ বৃদ্ধি পাবে।

তড়িতের সিস্টেম লস বলতে কী বোঝ? [চ. বো. '১৭]

বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এ ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার এর সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যেসব পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় তাদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রোধ থাকে। ফলে এ রোধকে অতিক্রম করার জন্য ড়িৎশক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শূক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এ লসই হলো তড়িতের সিস্টেম লস।

পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ ও রোধ কীভাবে সম্পর্কিত ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৭]

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে পরিবাহীর রোধ এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ $R \propto \frac{1}{A}$ (যখন তাপমাত্রা, উপাদান এবং L ধ্রুবক থাকে)

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বাড়লে পরিবাহীর রোধ কমে এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল কমলে রোধ বাড়ে।

নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার না করার কারণ কী?

নিরাপত্তা ফিউজ হলো একটি স্বল্প দৈর্ঘ্যের চিকন তার যা বৈদ্যুতিক বর্তনীতে অধিক তড়িৎপ্রবাহ প্রতিরোধের জন্য জীবন্ত তারে সংযোগ দেওয়া হয়। নিরাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করলে এর মধ্য দিয়ে অধিক পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহ ঘটলে তারটি অক্ষত থাকবে ফলে এই অধিক তড়িৎপ্রবাহ বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির ক্ষতিসাধন করবে। এতে নিরাপত্তা ফিউজ ব্যবহারের উদ্দেশ্যই ব্যাহত হবে। এজন্যই নির্বাপত্তা ফিউজে বিশুদ্ধ ধাতু ব্যবহার করা হয় না।

ভোল্টমিটারকে বর্তনীর সাথে সমান্তরালে যুক্ত করার কারণ ব্যাখ্যা কর।

বর্তনীর যে দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য মাপতে হবে ভোল্টমিটারকে সেই দুই বিন্দুর সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয়। কারণ ভোল্টমিটারকে বর্তনীতে অনুক্রমে যুক্ত করলে দুটি বিন্দুর মধ্যকার বিভব পার্থক্য নির্ণয় করা যাবে না। তাছাড়া সমান্তরালে যুক্ত করায় বর্তনীর মূল প্রবাহ ভোল্টমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহের সময় পরিবর্তিত হয়।

তড়িৎপ্রবাহের সময় ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হলেও প্রোটন স্থানান্তরিত হয় না কেন?

আমরা জানি, প্রোটনগুলো সবল নিউক্লিয় বল দ্বারা নিউক্লিয়াসের নিউট্রনগুলোর সাথে আবদ্ধ থাকে এবং ইলেকট্রনগুলো বিভিন্ন কক্ষপথে অবস্থান করে। তাই পরিবাহীর দুপ্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে যখন তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হয়, তখন ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হলেও নিউক্লিয়াসে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকার কারণে প্রোটন স্থানান্তরিত হয় না।

E ও V এর মধ্যে পার্থক্য লেখ।

এখানে, E হচ্ছে তড়িচ্চালক শক্তি এবং V হচ্ছে বিভব পার্থক্য। এদের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো-

E (তড়িচ্চালক শক্তি)	V (বিভব পার্থক্য)
১. তড়িচ্চালক শক্তি হয় কোনো তড়িৎ উৎসের যেমন কোষ জেনারেটর বা ডায়নামো ইত্যাদির।	১. বিভব পার্থক্য হয় কোনো পরিবাহক বা তড়িৎ ক্ষেত্রের দুই বিন্দুর।
২. এটি বর্তনীর বিভব পার্থক্যের কারণ।	২. এটি তড়িচ্চালক শক্তির ফল।
৩. এটি কোষের রাসায়নিক ক্রিয়ার ওপর নির্ভর করে।	৩. এটি বর্তনীর রোধের ওপর নির্ভর করে।

অনুক্রম ও সমান্তরাল সংযোগের দুটি পার্থক্য লেখ।

অনুক্রম ও সমান্তরাল সংযোগের দুটি পার্থক্য নিম্নরূপ-

অনুক্রম সংযোগ	সমান্তরাল সংযোগ
১. অনুক্রম সংযোগে তড়িৎপ্রবাহ একই থাকে।	১. সমান্তরাল সংযোগে বিভব পার্থক্য একই থাকে।
২. অনুক্রমিক সন্নিবেশে সংযুক্ত সকল রোধের সমষ্টি তুল্যরোধের সমান।	২. সমান্তরাল সংযোগে প্রতিটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্যরোধের বিপরীত রাশির সমান।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির অন্তরকের ক্ষতি সাধনে কীরূপ বিপদ হতে পারে- ব্যাখ্যা কর।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির অন্তরকের ক্ষতিসাধিত হলে পরিবাহী তার উন্মুক্ত হয়ে যায়। এরপর কোনো ভাবে জীবন্ত তার মানবদেহের সংস্পর্শে আসলে মারাত্মক শক লাগবে। এতে ঐ লোকের মৃত্যুও ঘটার সম্ভবনা থাকে। এছাড়া অন্তরক ব্যবস্থা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার ফলে জীবন্ত তার এবং নিরপেক্ষ তার পরস্পরের সংস্পর্শে আসলে শর্ট সার্কিটের সৃষ্টি হবে এবং অগ্নিকাণ্ড ঘটতে পারে।

তড়িৎ শক্তির ব্যবহার বিপজ্জনক হয় কেন?

তড়িৎ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে অত্যন্ত গুরত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। তড়িৎ আমাদের যেমন অনেক উপকারে আসে তেমনি এর অসতর্ক ব্যবহার অত্যন্ত বিপজ্জনক হতে পারে। তড়িৎশক্তির ব্যবহার নিম্নবর্ণিত তিনটি কারণে বিপজ্জনক হতে পারে।

(১) অন্তরকের ক্ষতিসাধন

(২) ক্যাবলের অতি উত্তপ্ত হওয়া এবং

(৩) আর্দ্র অবস্থা

বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বলতে কী বোঝ?

কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রের কাজ করার হারকে ঐ যন্ত্রের বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বলে।

যেমন, কোনো বৈদ্যুতিক উৎস যদি t সময়ে W পরিমাণ কাজ সম্পাদন করে তাহলে উৎসটির ক্ষমতা $P = \frac{W}{t}$

এর একক হচ্ছে ওয়াট। এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলে। অর্থাৎ 1 ওয়াট = 1 জুল/সেকেন্ড।

Formula Table

ক্রম	সূত্র
১.	$E = \frac{W}{Q}$
২.	$I = \frac{Q}{t}$
৩.	$V = \frac{W}{Q}$
৪.	$V = IR$
৫.	$\rho = \frac{RA}{L}$
৬.	$I = \frac{E}{R + r}$
৭.	$R_s = R_1 + R_2 \ldots + R_n$ $R_P = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$
৮.	$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} = \frac{W}{t}$
৯.	$W = VIt = I^2Rt = Pt = \frac{V^2}{R}t$

TOPICWISE MATH

তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয়

কোনো ধাতব পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 2.5 A তড়িৎ প্রবাহ চলছে, এক মিনিটে এর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্যে দিয়ে কী পরিমাণ চার্জ স্থানান্তরিত হবে তা নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{Q}{t}$

$\therefore Q = It$

$= 2.5\ A \times 60\ s = 150\ C$

এখানে,
পরিবাহীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা,
$I = 2.5\ A$
সময়, $t = 1\ min = 60\ s$
স্থানান্তরিত চার্জের পরিমাণ, $Q = ?$

অতএব, 150 C চার্জ স্থানান্তরিত হবে।

কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে 2A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। এর মধ্যদিয়ে 500 C চার্জ সঞ্চালিত হতে কত সময় লাগবে?

সমাধান: আমরা জানি,

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{Q}{t}$

$t = \frac{Q}{I} = \frac{500\ C}{2\ A}$

$= 250\ s = 4 min\ 10\ sec$

এখানে,
পরিবাহীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা,
$I = 2\ A$
সঞ্চালিত চার্জ $Q = 500\ C$
প্রয়োজনীয় সময় $t = ?$

অতএব, প্রয়োজনীয় সময়, 4min 10 sec

একটি রোধকের মধ্যদিয়ে প্রতি মিনিটে 720 C চার্জ প্রবাহিত হলে এর তড়িৎ প্রবাহ কত?

সমাধান: আমরা জানি,

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{Q}{t}$

$= \frac{720\ C}{60\ s} = 12\ A$

নির্ণেয় প্রবাহমাত্রা 12 A।

এখানে,

প্রবাহিত চার্জ, $Q = 720\ C$

সময়, $t = 1\ min = 60s$

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

বিভব পার্থক্য

একটি বৈদ্যুতি হিটারে 3.7×10^4 C আধান প্রবাহের ফলে 9×10^6 J বৈদ্যুতিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হলে হিটারের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি, $W = VQ$

$$V = \frac{W}{Q}$$

$$= \frac{9\times10^6 \text{ J}}{3.7\times10^4 \text{ C}} = 2.43\times10^2 \text{ V}$$

এখানে,

প্রবাহিত আধান

$Q = 3.7\times10^4$ C

রূপান্তরিত শক্তি,

$W = 9\times10^6$ J

বিভব পার্থক্য $V = ?$

অতএব, হিটারের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 2.43×10^2 V।

7 C আধানকে কোনো বর্তনীর একবিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে নিতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ 21 J হলে ঐ বিন্দুর বিভব পার্থক্য কত?

সমাধান: আমরা জানি, $V = \frac{W}{Q}$

$$= \frac{21 \text{ J}}{7 \text{ C}} = 3 \text{ V}$$

এখানে,

আধান $Q = 7$ C

সম্পন্ন কাজ, $W = 21$ J

বিভব পার্থক্য, $V = ?$

নির্ণেয় বিভব পার্থক্য 3 V।

ওহমের সূত্র

একটি বাতির ফিলামেন্টের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 6 V। এর মধ্যদিয়ে 7 A তড়িৎ প্রবাহিত হলে রোধ কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি, $V = IR$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6}{7} = 0.857\ \Omega$$

অতএব, বাতিটির ফিলামেন্টের রোধ 0.857 Ω।

এখানে,
তড়িৎপ্রবাহ, $I = 7\ A$
বিভব পার্থক্য, $V = 6\ V$
রোধ, $R = ?$

একটি বৈদ্যুতিক বাতির রোধ 400 Ω। একে 200 V সরবরাহ লাইনের সাথে যুক্ত করা হলে প্রবাহমাত্রা কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি, $V = IR$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200\ V}{400\Omega} = 0.5\ A$$

প্রবাহমাত্রা 0.5A।

এখানে,
বিভব, $V = 200\ V$
রোধ, $R = 400\ \Omega$
প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

একটি বৈদ্যুতিক ইস্ত্রির রোধ 50 Ω. এর উভয় প্রান্তের বিভব পার্থক্য 220 V হলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200\ V}{50\ \Omega}$$

$$= 4.4\ A$$

নির্ণেয় তড়িৎ প্রবাহ 4.4 A।

এখানে,
রোধ, $R = 50\ \Omega$
বিভব পার্থক্য, $V = 220V$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

আপেক্ষিক রোধ

12 Km লম্বা 0.1 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি তারের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ 100×10^{8} Ωm হলে তারটির রোধ নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে, তারের উপাদানের আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 100\times10^{8}\ \Omega m$

দৈর্ঘ্য, $L = 12\text{ km} = 12000\text{ m}$

ব্যাসার্ধ, $r = 0.1\text{ cm} = 10^{-3}\text{ m}$

∴ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2 = 3.1416\times(10^{-3})^2\text{ m}^2$

রোধ, $R = ?$

আমরা জানি,

$$R = \rho\frac{L}{A} = 100\times10^{8}\ \Omega m\times\frac{12000\text{ m}}{3.1416\times(10^{-3})^2\text{ m}^2} = 3819.71\ \Omega$$

∴ তারটির রোধ 3819.71 Ω।

0.1 mm প্রস্থচ্ছেদের ব্যাসের 1 Ω রোধ তৈরি করতে রিপা, তামা, টাংস্টেন ও নাইক্রোম তারের কত দৈর্ঘ্যের প্রয়োজন?

সমাধান: এখানে, রোধ $R = 1\ \Omega$

রূপার আপেক্ষিক রোধ, $\rho_1 = 1.6\times10^{-8}\ \Omega m$

তামার আপেক্ষিক রোধ, $\rho_2 = 1.7\times10^{-8}\ \Omega m$

টাংস্টেনের আপেক্ষিক রোধ, $\rho_3 = 5.5\times10^{-8}\ \Omega m$

নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ, $\rho_4 = 100\times10^{-8}\ \Omega m$

আমরা জানি, $L = \frac{RA}{\rho}$

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2 = \pi \times (10^{-4})^2 = 3.14 \times 10^{-8}\ m^2$

রুপার জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য, $L_1 = \frac{RA}{\rho_1} = \frac{1\ \Omega \times 3.14 \times 10^{-8}\ m^2}{1.6 \times 10^{-8}\ \Omega m} = 1.96\ m$

তামার জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য, $L_2 = \frac{RA}{\rho_2} = \frac{1\ \Omega \times 3.14 \times 10^{-8}\ m^2}{1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m} = 1.84\ m$

টাংস্টেনের জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য,

$$L_3 = \frac{RA}{\rho_3} = \frac{1\ \Omega \times 3.14 \times 10^{-8}\ m^2}{5.5 \times 10^{-8}\ \Omega m} = 0.57\ m = 57\ cm$$

নাইক্রোমের জন্য প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য,

$$L_4 = \frac{RA}{\rho_4} = \frac{1\ \Omega \times 3.14 \times 10^{-8}\ m^2}{100 \times 10^{-8}\ \Omega m} = 0.03\ m = 3\ cm$$

30 m দৈর্ঘ্যের একটি তামার তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $2 \times 10^{-7}\ m^2$। তামার আপেক্ষিক রোধ $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m$ হলে তারটির রোধ নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে, তামার তারের আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m$

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2 \times 10^{-7}\ m^2$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 30\ m$

তামার তারের রোধ, $R = ?$

আমরা জানি,

$$R = \rho \frac{L}{A} = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega m \times \frac{30\ m}{2 \times 10^{-7}\ m^2} = 2.55\ \Omega$$

$\therefore$ তামার তারের রোধ $2.55\ \Omega$।

একটি বৈদ্যুতিক হিটারে ব্যবহৃত নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ 100×10^{-8} Ωm। 15 m লম্বা এবং 2×10^{-7} m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট তারের রোধ কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

$$= 100\times10^{-8}\ \Omega m\times\frac{15\ m}{2\times10^{-7}\ m^2}$$

$$= 75\ \Omega$$

আপেক্ষিক রোধ,

$\rho = 100\times10^{-8}\ \Omega m$

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$A = 2\times10^{-7}\ m^2$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 15\ m$

রোধ, $R = ?$

নির্ণেয় রোধ 75 Ω।

0.1 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি তারের উপাদানের আপেক্ষিক বোধ 1.6×10^{-8} Ωm। এর রোধ 200 Ω হলে দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

সমাধান: ধরি, তারের দৈর্ঘ্য, L

তারের বোধ, $R = 20\ \Omega$

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 1.6\times10^{-8}\ \Omega m$

তাবের ব্যাসার্ধ, $r = 0.1\ cm = 1\times10^{-3}\ m$

তারের ক্ষেত্রফল,

$$A = \pi r^2 = 3.1416\times(1\times10^{-3}\ m)^2 = 3.1416\times10^{-6}\ m^2$$

আমরা জানি, $R = \rho\frac{L}{A}$

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{20\ \Omega\times3.1416\times10^{-6}\ m^2}{1.6\times10^{-8}\ \Omega m} = 3927\ m$$

সুতরাং তারের দৈর্ঘ্য 3927 m।

একটি তারের ব্যাসার্ধ 0.2 cm এবং উপাদানের আপেক্ষিক রোধ $1.6\times10^{-8}\ \Omega m$। এর রোধ $10\ \Omega$ হলে দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে, তারের ব্যাসার্ধ, $r = 0.2\text{ cm} = 2\times10^{-3}\text{ m}$

তারের ক্ষেত্রফল, $A = \pi r^2 = 3.1416\times(2\times10^{-3}\text{ m})^2 = 1.257\times10^{-5}\text{ m}^2$

রোধ, $R = 10\ \Omega$

আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 1.6\times10^{-8}\ \Omega\text{m}$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি, $R = \rho\frac{L}{A}$

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{10\ \Omega\times1.257\times10^{-5}\text{ m}^2}{1.6\times10^{-8}\ \Omega\text{m}} = 7856.25\text{ m}$$

সুতরাং তারের দৈর্ঘ্য 7856.25 m।

অভ্যন্তরীণ রোধ

একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক বল $1.55\ V$ এবং অভ্যন্তরীণ রোধ $0.5\ \Omega$। এর সাথে কত ওহম রোধের একটি তার যুক্ত করলে $0.1\ A$ বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা পাওয়া যাবে? কোষের হারানো বিভৰ কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি, $I = \frac{E}{R+r}$

$$R + r = \frac{E}{I}$$

$$R = \frac{E}{I} - r = \frac{1.55\ V}{0.1\ A} - 0.5\Omega$$

$$= 15.5\ \Omega - 0.5\ \Omega$$

অতএব, তারের প্রয়োজনীয় রোধের মান $15\ \Omega$

আবার, আমরা জানি,

কোষের হারানো বিভব $= Ir = 0.1\ A \times 0.5\ \Omega = 0.05\ V$

এখানে,

কোষের বিদ্যুচ্চালক বল,

$E = 1.55\ V$

কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ,

$r = 0.5\ \Omega$

বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা, $I = 0.1\ A$

তারের রোধ, $R = ?$

হারানো বিভব $= ?$

$2\ V$ তড়িচ্চালকবলবিশিষ্ট একটি তড়িৎ কোষে একটি বহিঃরোধ যুক্ত করা হল। যদি কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ $1.2\ \Omega$ এবং বর্তনীর প্রবাহ মাত্রা $0.1A$ হয় তবে বহিঃরোধটির মান নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি, $I = \frac{E}{R+r}$

$$E = I(R + r)$$

$$R = \frac{E}{I} - r = \frac{2\ V}{0.1\ A} - 1.2\ \Omega$$

$$R = 18.8\ \Omega$$

অতএব, বহিঃরোধটির মান $18.8\ \Omega$।

এখানে, $E = 2\ V$

কোষের বিদ্যুচ্চালক বল,

$r = 1.2\Omega$

এবং $I = 0.1\ A$

বহিঃরোধ, $R = ?$

একটি কোষের তড়িৎ চালক শক্তি $12\ V$ এবং অভ্যন্তরীণ রোধ $1.5\ \Omega$। একে একটি $4.5\ \Omega$ রোধের সাথে যুক্ত করা হল। বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা।

সমাধান: এখানে, তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12\ V$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1.5\ \Omega$

রোধ, $R = 4.5\ \Omega$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, $I = ?$

আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{12\ V}{4.5\ \Omega + 1.5\ \Omega} = 2\ A$$

অভ্যন্তরীণ রোধ

5 Ω এর পাঁচটি রোধকে সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করলে তুল্যরোধ কত হবে?

সমাধান: রোধের সমান্তরাল সন্নিবেশের সূত্রানুসারে-

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{5}{5} = 1$$

$$\therefore R_P = 1$$

এখানে,

১ম রোধ, $R_1 = 5\,\Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 5\,\Omega$

৩য় রোধ, $R_3 = 5\,\Omega$

৪র্থ রোধ, $R_4 = 5\,\Omega$

৫ম রোধ, $R_5 = 5\,\Omega$

তুল্য রোধ, $R_P = ?$

তুল্য রোধ, $1\,\Omega$।

কোন তড়িৎ কোষের তড়িচ্চালক শক্তি ও অভ্যন্তরীণ রোধ যথাক্রমে 2 V ও 0.5 Ω । একে 1 Ω , 2 Ω এবং 4 Ω রোধের তিনটি রোধকের সাথে সমান্তরাল সংযোগে সাজানো হলো। মধ্যবর্তী রোধকের প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্য বের কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{1\,\Omega} + \frac{1}{2\,\Omega} + \frac{1}{4\,\Omega}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{4+2+1}{4\,\Omega} = \frac{7}{4}\Omega$$

$$\therefore R_P = \frac{4}{7}\,\Omega$$

এখানে,

$E = 2\text{ V}$

$r = 0.5$

$R_1 = 1\,\Omega$

$R_2 = 2\,\Omega$

$R_3 = 4\,\Omega$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_P + r} = \frac{2}{\frac{4}{7} + 0.5} A = \frac{2}{1.071} A = 1.867\ A$

∴ মধ্যবর্তী রোধক R_2 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য

$$V = IR_P = 1.867\ A \times \frac{4}{7}\ \Omega = 1.07\ V$$

অতএব, বিভব পার্থক্য 1.07 V।

খোলা বর্তনীতে একটি বিদ্যুৎ কোষের বিদ্যুচ্চালক শক্তি 1.6 V এবং অভ্যন্তরীণ রোধ 2 Ω। কোষের দু'প্রান্তের সাথে 4 Ω ও 10 Ω রোধের দুটি রোধ সিরিজে যুক্ত করলে উভয় রোধের দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$\therefore I = \frac{1.6\ V}{2\ \Omega + 14\ \Omega}$$

$$= \frac{1.6}{16} = 0.1\ A$$

এখানে,

বিদ্যুচ্চালক শক্তি, $E = 1.6\ V$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 2\ \Omega$

১ম রোধ, $R_1 = 4\ \Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 10\ \Omega$

তুল্য রোধ, $R = R_1 + R_2$

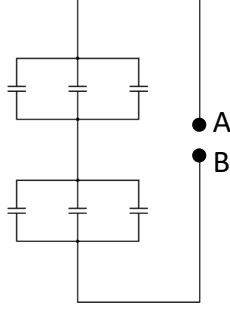
$= 4\ \Omega + 10\ \Omega\Omega$

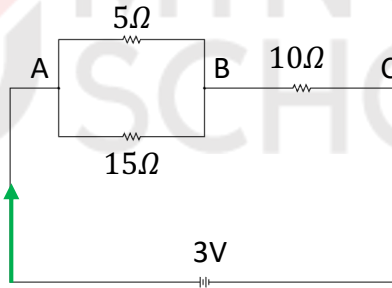
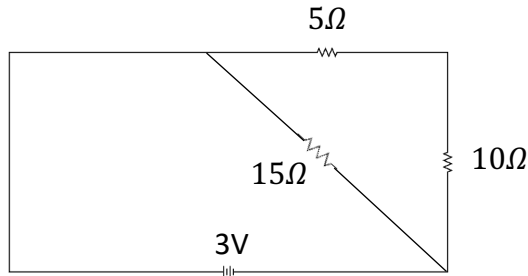
$= 14\ \Omega$

রোধদ্বয় সিরিজে যুক্ত থাকে বলে উভয়ের মধ্য দিয়ে 0.1 A কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

∴ 4 Ω রোধের উভয় প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= 0.1\ A \times 4 = 0.4\ V$

এবং 10 Ω রোধের উভয় প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= 0.1\ A \times 10\ V = 1\ V$

চিত্রে A ও B বিন্দুর মধ্যে ভোল্টেজ কত? তড়িচ্চালক শক্তি 1.5 V।

সমাধান: A ও B বিন্দুর মধ্যে ভোল্টেজ $= 1.5\text{ V} + 1.5\text{ V} = 3\text{ V}$ কেননা প্রতিটি কোষের মিলিত তড়িচ্চালক শক্তি হবে A ও B বিন্দুর ভোল্টেজ। যেহেতু কোষের সমান্তরাল সমবায়ে একটি কোষই কার্যকর থাকে।

রোধ তিনটি বর্তনীতে কীভাবে সংযোগ করলে তুল্যরোধ 7.5 Ω হবে?

সমাধান: রোধক তিনটিকে নিচের বর্তনীর ন্যায় সংযুক্ত করে পাই,

বর্তনীতে 5 Ω এবং 10 Ω শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_S হলে $R_S = 5\ \Omega + 10\ \Omega = 15\ \Omega$

R_S এবং 15 Ω রোধগুলো বর্তনীতে সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

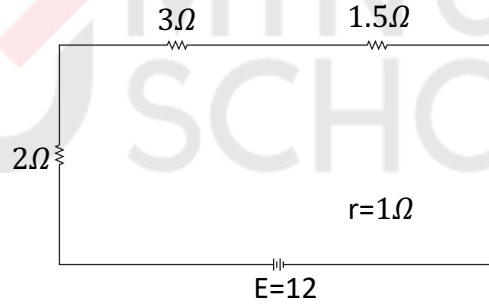
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_S} + \frac{1}{15\ \Omega}$$

$$= \frac{1}{15\ \Omega} + \frac{1}{15\ \Omega} = \frac{1+1}{15\ \Omega} = \frac{2}{15\ \Omega}$$

$$R_P = \frac{15\ \Omega}{2} = 7.52\ \Omega$$

অর্থাৎ 5 Ω ও 10 Ω রোধকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করে 15 Ω রোধের সাথে সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত করলে বর্তনীর তুল্যরোধ 7.5 Ω হবে।

বর্তনীর প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

3Ω 1.5Ω
2Ω
r=1Ω
E=12

সমাধান: ধরি, বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহমাত্রা $= I$

রোধ, $R_1 = 2\ \Omega$; রোধ, $R_2 = 3\ \Omega$ রোধ, $R_3 = 1.5\ \Omega$; অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\ \Omega$

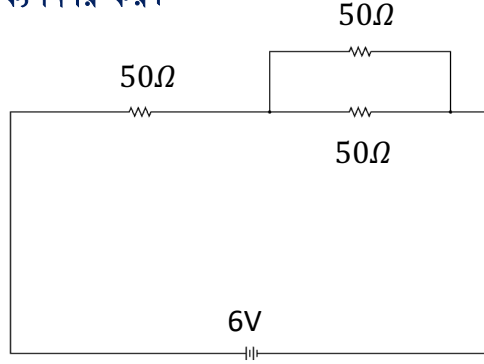
তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12\ V$

এখন, R_1, R_2, R_3 এর শ্রেণি সমবায়ে তুল্যরোধ, $R_S = R_1 + R_2 + R_3$

$$= (2 + 3 + 1.5)\Omega = 6.5\ \Omega$$

আমরা জানি, $I = \frac{E}{R_S + r} = \frac{12\ V}{6.5\ \Omega + 1\ \Omega} = \frac{12}{7.5} = 1.6\ A$

অতএব, বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহমাত্রা 1.6 A।

B ও C এর মধ্যকার বিভব পার্থক্য নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে, B ও C এর মাঝে 50 Ω মানের দুটি রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত রয়েছে।

এখন, B ও C বিন্দুর মাঝে তুল্যরোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{50\ \Omega} + \frac{1}{50\ \Omega}$$

$$= \frac{1+1}{50\ \Omega} = \frac{2}{50\ \Omega}$$

$$\therefore\ R_P = \frac{50}{2}\ \Omega = 25\ \Omega$$

আবার, R_P ও 50 Ω অনুক্রমিকে সংযুক্ত।

এখন, বর্তনীর তুল্যরোধ R_S হলে, $R_S = R_P + 50\ \Omega = 25\ \Omega + 50\ \Omega = 75\ \Omega$

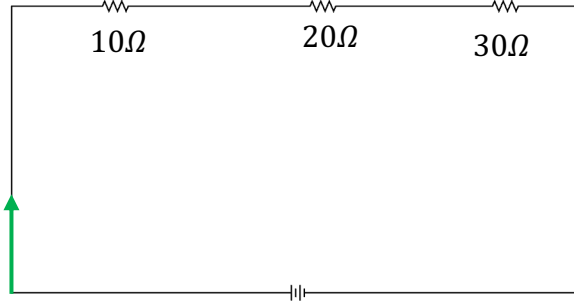
এখানে, তড়িচ্চালক বল, $E = 6\ V$

এখন, বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I হলে, $E = IR_S$

$$\text{বা, }\ I = \frac{E}{R_S} = \frac{6\ V}{75\ \Omega} = \frac{2}{25}\ A$$

এখন, B ও C এর মধ্যকার বিভব পার্থক্য V হলে, $V = IR_P = \frac{2}{25}\ A \times 25\Omega = 2\ V$

অতএব, B ও C এর মধ্যকার বিভবপার্থক্য 2 V।

চিত্রের রোধগুলোকে সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত করে দেখাও যে, $R_S > R_P$.

সমাধান: শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করলে, তুল্যরোধ, R_S হলে,

আমরা জানি, $R_S = R_1 + R_2 + R_3$

$= (10 + 20 + 30)\Omega = 60\ \Omega$

চিত্র হতে পাই,

রোধ, $R_1 = 10\ \Omega$

রোধ, $R_2 = 20\ \Omega$

রোধ, $R_3 = 30\ \Omega$

সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করলে, তুল্যরোধ R_P হলে,

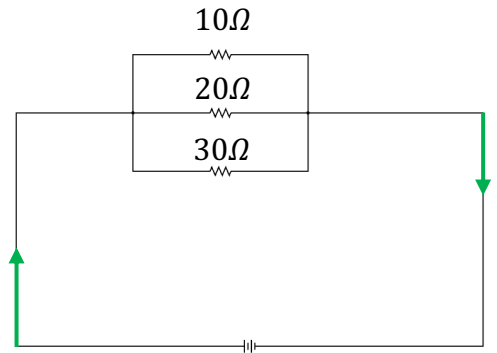
আমরা জানি,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{20\ \Omega} + \frac{1}{30\ \Omega}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{6 + 3 + 2}{60\ \Omega} = \frac{11}{60}\Omega$$

$$\therefore R_P = \frac{60}{11}\ \Omega = 5.45\ \Omega$$

$R_S > R_P$ (দেখানো হলো)।

ক্ষমতা রোধ

কোনো বাড়ির মেইন মিটার 6 amp – 220 volt চিহ্নিত করা আছে। কতগুলো 60 Watt –এর বাতি ঐ বাড়িতে নিরাপত্তার সাথে ব্যবহার করা যাবে?

সমাধান: এখানে, বিভব পার্থক্য, $V = 220\ V$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 6\ A$

প্রতিটি বাতির ক্ষমতা, $P' = 60\ W$

আমরা জানি, $P = VI = 220\ V \times 6\ A = 1320\ W$

সুতরাং, নিরাপত্তার সাথে ব্যবহৃত মোট বাতির সংখ্যা $= \frac{P}{P'} = \frac{1320\ W}{60\ W} = 22$

একটি পানি গরম করার হিটারের গায়ে 1500 W – 220 V লেখা আছে। যদি ভোল্টেজ কমে 180 V হয় তবে হিটারটির কত ক্ষমতা প্রদর্শন করবে? নির্ণয় কর।

সমাধান: যদি রোধ R হয় তবে

আমরা জানি, $P_1 = \frac{{V_1}^2}{R}$

$$R = \frac{{V_1}^2}{P_1} = \frac{(220\ V)^2}{1500\ W} = 32.27\ \Omega$$

আবার, $P_2 = \frac{{V_2}^2}{R} = \frac{(180\ V)^2}{32.27\ \Omega} = 1004.1\ W$

অতএব, হিটারটি 1004.1 W ক্ষমতা প্রদর্শন করবে।

এখানে,

১ম ক্ষেত্রে ক্ষমতা, $P_1 = 1500\ W$

ও বিভব, $V_1 = 220\ V$

২য় ক্ষেত্রে বিভব, $V_2 = 180\ V$

ও ক্ষমতা, $P_2 = ?$

$2\,\Omega$ ও $6\,\Omega$ মানের দুটি রোধকে শ্রেণি সমবায়ে রেখে একটি $12\ V$ তড়িচ্চালক বলের উৎসের সঙ্গে যোগ করলে প্রতিটি রোধে কত ক্ষমতা ব্যয় হয়?

সমাধান: শ্রেণিসমবায়ের ক্ষেত্রে তুল্যরোধ, $R = R_1 + R_2$

$$= 2\,\Omega + 6\,\Omega$$

১ম রোধ, $R_1 = 2\,\Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 6\,\Omega$

বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R} = \frac{12\ V}{8\,\Omega} = 1.5\ A$

ক্ষমতা, $P_1 = ?$

ক্ষমতা, $P_2 = ?$

তড়িচ্চালক বল, $E = 12V$

$\therefore$ R_1 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= (2\times1.5)\ V = 3\ V$

R_2 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য $= (6\times1.5)\ V = 9\ V$

$\therefore$ R_1 রোধের ক্ষমতা, $P_1 = (3\times1.5)\ V = 4.5\ W$

R_2 রোধের ক্ষমতা, $P_2 = (9\times1.5)\ V = 13.5\ W$

কাজ সংক্রান্ত

একটি বৈদ্যুতিক হিটার 220 ভোল্ট সরবরাহ লাইন থেকে 2 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ গ্রহণ করে। হিটারটি 500 ঘন্টা ব্যবহার করলে কত কিলোওয়াট ঘন্টা শক্তি ব্যয় হবে?

সমাধান: এখানে, $V = 220\text{ V}, I = 2\text{ A}, t = 500\text{ h}$

মোট ব্যয়িত শক্তি, $W = VIt$

$$= (220\text{ V} \times 2\text{ A} \times 500\text{ h})$$

$$= \frac{220 \times 2 \times 500}{1000}\text{ kWh}$$

$$= 220\text{ kWh}$$

অতএব, 220 kWh শক্তি ব্যয় হবে।

একটি বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিতে 220 V– 100 W লেখা আছে। ইস্ত্রিটি 200 V লাইনে যুক্ত হয়ে 2 ঘন্টা চললে কত ইউনিট শক্তি খরচ হবে?

সমাধান: এখানে, বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিটিতে লেখা আছে, 220 V– 100 W

$\therefore$ বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিটির রোধ, $R = \frac{(220\text{ V})^2}{100\text{ W}} = 484\ \Omega$

আবার, ইস্ত্রিটি 220 V লাইনে যুক্ত

সুতরাং এর ক্ষমতা, $P = \frac{(220\text{ V})^2}{484\ \Omega} = 82.645\text{ W}$

এখন, ইস্ত্রিটি 220 V লাইনে 2 ঘণ্টা চললে ব্যয়িত শক্তি,

$$W = \frac{P't}{1000}\text{ kWh} = \frac{82.645 \times 2}{1000}\text{ kWh} = 0.165\text{ kWh}$$

একটি ছাত্রাবাসের 40 টি কক্ষের প্রত্যেকটিতে 2 টি করে 40 W এর বৈদ্যুতিক বাতি আছে। বাতিগুলো প্রতিদিন 6 ঘন্টা জ্বলে। 150 W এর একটি টেলিভিশন দৈনিক 4 ঘণ্টা চলে। 1 kWh এর মূল্য 4.8 টাকা হলে জানুয়ারি মাসের বিদ্যুৎ বিল কত?

সমাধান: 40টি কক্ষের প্রত্যেকটিতে 2 টি করে 40 W এর বাতি হলে, মোট বাতির ক্ষমতা $40 \times 2 \times 40\ \text{W} = 3200\ \text{W}$ এবং বাতিগুলো প্রতিদিন 6 ঘন্টা করে জ্বললে ব্যয়িত ক্ষমতা

$$3200\ \text{W} \times 6\ \text{h} \times 31 = 595200\ \text{Wh} = 595.2\ \text{kWh}$$

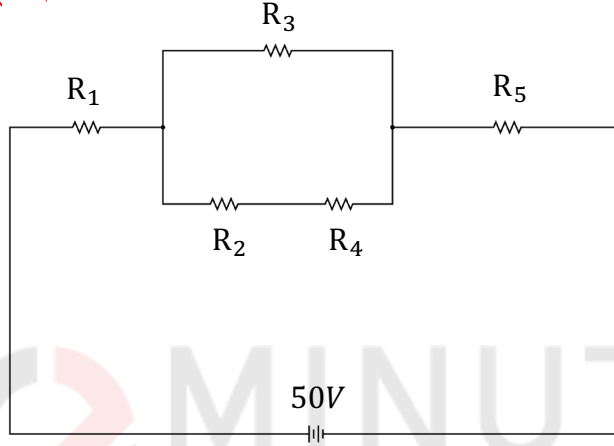
1 টি টেলিভিশন 150 W এবং T.V-এর ব্যবহৃত শক্তি

$$150\ \text{W} \times 4\ \text{h} \times 31 = 18600\ \text{Wh} = 18.6\ \text{kWh}$$

মোট ব্যয়িত শক্তি $= (5952 + 18.6)\ \text{kWh} = 613.8\ \text{kWh}$

SOLVED CQ

প্রশ্ন নং: ০১

কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ, কুমিল্লা

$R_1 = 10\ \Omega, R_2 = 15\ \Omega, R_3 = 20\ \Omega, R_4 = 5\ \Omega, R_5 = 20\ \Omega,$ এবং $V = 50$ volt

ক. ওহমের সূত্র বিবৃত কর।

খ. সরু তারের চেয়ে মোটা তারে বিদ্যুৎ বেশি প্রবাহিত হয় কেন?

গ. R_5 রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর।

গ. R_1 রোধের সাথে 5 ও'ম রোধ সমান্তরালে সংযুক্ত করলে R_1 এর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহের কিরূপ পরিবর্তন হবে?

০১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) ওহমের সূত্রটি হলো— তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে যে তড়িৎপ্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

খ) রোধের প্রস্থচ্ছেদের সূত্রানুযায়ী নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহকের দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহকের রোধ, এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, $R \propto \frac{1}{A}$ যখন L ধ্রুব থাকে।

এই সূত্রমতে তার যতো মোটা হবে, তার রোধ ততো কম হবে এবং তড়িৎ প্রবাহ ততো বেশি হবে। তার যদি সরু হয় তবে রোধের মান ব্যস্তানুপাতে বাড়বে। এ কারণে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একই উপাদানের মোটা তারের মধ্য দিয়ে সরু তারের চেয়ে বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

(গ) উদ্দীপকের বর্তনী চিত্রের রোধগুলো হলো—

$R_1 = 10\,\Omega$

$R_2 = 15\,\Omega$

$R_3 = 20\,\Omega$

$R_4 = 5\,\Omega$

$R_5 = 20\,\Omega$

এবং $V = 50$ volt

তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

R_2 ও R_4 শ্রেণিতে থাকায় এদের তুল্যরোধ R_S' হলে $R_S' = R_2 + R_4 = 15\,\Omega + 5\,\Omega = 20\,\Omega$

R_S' ও R_3 সমান্তরালে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_S'} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20\,\Omega} + \frac{1}{20\,\Omega}$$

$$\therefore R_P = 10\,\Omega$$

R_1, R_P ও R_5 শ্রেণিতে যুক্ত থাকায় এদের তুল্যরোধ R_S হলে,

$$R_S = R_1 + R_P + R_5 = 10\,\Omega + 10\,\Omega + 20\,\Omega = 40\,\Omega$$

আমরা জানি, $I = \dfrac{V}{R_S} = \dfrac{50\text{ V}}{40\,\Omega} = 1.25\text{ A}$

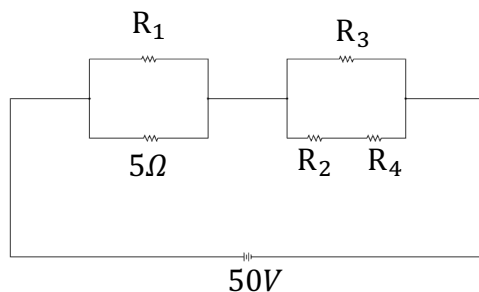
বর্তনীর মূল প্রবাহই হবে R_5 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ।

অতএব, R_5 এর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ 1.25 A।

(ঘ) R_1 ও $5\,\Omega$ রোধের সমান্তরালে সংযুক্ত তুল্যরোধ R_{P2} হলে

$$\frac{1}{R_{P2}} = \frac{1}{5\,\Omega} + \frac{1}{R_1}$$

$$= \frac{1}{10\,\Omega} + \frac{1}{5\,\Omega} = \frac{1+2}{10\,\Omega}$$

$$R_{P2} = \frac{10\,\Omega}{2} = 3.33\,\Omega$$

"গ" হতে পাই, R_2, R_3, R_4, রোধের তুল্যরোধ, $R_P = 10\,\Omega$

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_{S1} = R_{P2} + R_P + R_5 = 3.33\,\Omega + 10\,\Omega + 20\,\Omega = 33.33\,\Omega$

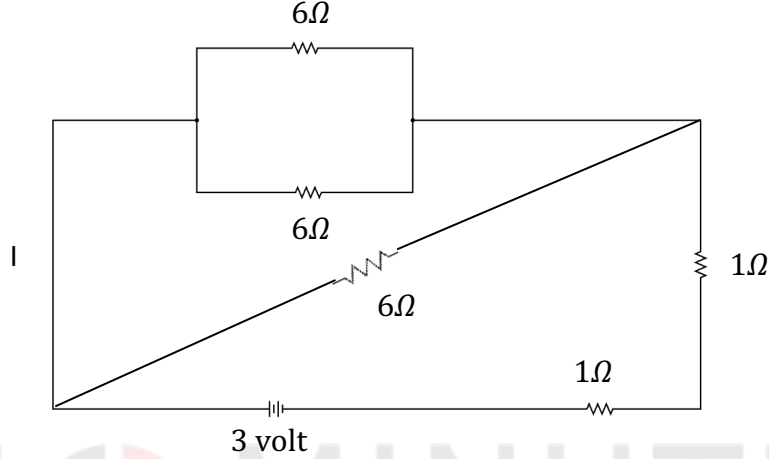
আবার, $I_1 = \frac{V}{R_{S1}} = \frac{50\text{ V}}{33.33\,\Omega} = 1.5\text{ A}$

"গ" হতে পাই, R_5 এর মধ্য দিয়ে বাহিত তড়িৎ, $I = 1.25\text{ A}$

∴ তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন $= 1.5\text{ A} - 1.25\text{ A} = 0.25\text{ A}$

অতএব, R_5 এর মধ্য দিয়ে 0.25 A তড়িৎ প্রবাহ বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন নং: ০২

ফেনী গার্লস ক্যাডেট কলেজ, ফেনী

ক. সিস্টেম লস কী?

খ. তাপমাত্রা বাড়ার সাথে সাথে কেন পরিবাহকের মধ্যে রোধ বাড়ে?

গ. প্রদত্ত বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর।

ঘ. যদি সবগুলো রোধ সমান্তরালে যুক্ত থাকে তবে বর্তনীটি আঁক এবং তড়িৎ প্রবাহে কী পরিবর্তন হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

০২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য ব্যবহৃত তারের রোধের কারণে তড়িৎ শক্তির যে অপচয় হয় তাই সিস্টেম লস।

খ) কোনো পরিবাহকের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল স্থির থাকলে পরিবাহিতার মান নির্ভর করে পরিবাহীর উপাদান ও তাপমাত্রার উপর। সাধারণত সকল ধাতুই ভালো পরিবাহক অর্থাৎ ধাতব পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা বেশি। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সক পরিবাহকেরই পরিবাহিতা হ্রাস পায়। পরিবাহিতা ও রোধ পর বিপরীত রাশি অর্থাৎ পরিবাহিতা হ্রাস পেলে রোধ বৃদ্ধি পা তাছাড়া তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহীর মুক্ত ইলেক্ট্রনগুলো উত্তেজিত বলে এদের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং পরিবাহীর মধ্য দিয়ে চলার সময় পরিবাহীর অণুগুলোর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়। ফলে প্রবাহ চলার পর বাধার সৃষ্টি করে এবং রোধ বৃদ্ধি পায়।

(গ) এখানে, $R_1 = R_2 = R_3 = 6\,\Omega$; $R_4 = R_5 = 1\,\Omega$ এবং $E = 50$ volt

প্রদত্ত বর্তনীতে R_1, R_2, R_3 রোধত্রয় সমান্তরালে সংযুক্ত। ধরা যাক তাদের তুল্যরোধ R_P.

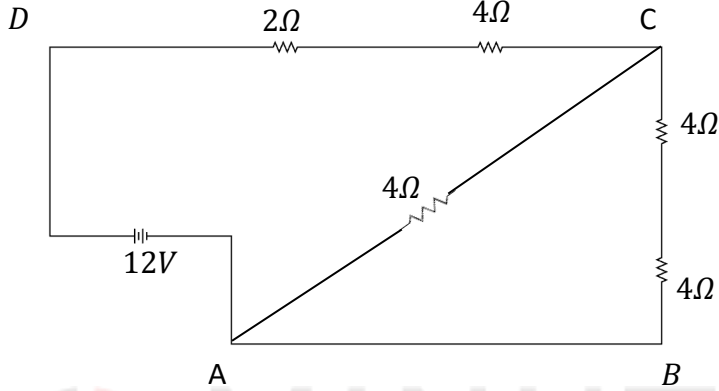
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{6\,\Omega} + \frac{1}{6\,\Omega} + \frac{1}{6\,\Omega}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1+1+1}{6\,\Omega} = 1$$

$$\therefore R_P = 2\,\Omega$$

প্রশ্ন নং: ০৩

রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা

ক. আপেক্ষিক রোধ কী?

খ. 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানি অপেক্ষা অধিক শীতল কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর।

ঘ. I_{CA} এবং বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহের তুলনা কর এবং কোনটির মান বেশি হবে-গাণিতিকভাবে বর্ণনা কর।

০৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ বলে।

খ) 0°C তাপমাত্রার পানি অপেক্ষা 0 °C তাপমাত্রার বরফ অধিক শীতল, কারণ

আমরা জানি, পানিকে বরফ করতে প্রথম 0 °C তাপমাত্রার পানি 0 °C তাপে বরফে পরিণত করা হয়। অতঃপর 0 °C তাপমাত্রার বরফ যে কোণ ঋণাত্মক তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে হয়। তাই পানি হতে ঋণাত্মক তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে পানিকে তাপ বর্জন করতে হয় এইভাবেই পানিকে বরফে পরিণত করা হয়। তাই 0 °C তাপমাত্রার পানিতে যে তাপমাত্রা থাকে 0 °C তাপমাত্রার বরফে তার থেকে কম তাপমাত্রা থাকে। তাই বরফ পানি অপেক্ষা বেশি শীতল অনুভূত হয়।

(গ) এখানে, $R_1 = 4\,\Omega$

$R_2 = 4\,\Omega$

$R_3 = 4\,\Omega$

$R_4 = 4\,\Omega$

$R_5 = 2\,\Omega$

BC শাখায় তুল্যরোধ, $R_{S_1} = R_1 + R_2 = 4\,\Omega + 4\,\Omega = 8\,\Omega$

A ও C বিন্দুর মধ্যে তুল্যরোধ, $R_P = \frac{R_{S_1} \times R_3}{R_{S_1} + R_3}$

$$= \frac{8\,\Omega \times 4\,\Omega}{8\,\Omega + 4\,\Omega} = \frac{8}{3}\,\Omega$$

A ও D বিন্দুর মধ্যে তথা বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_S = R_P + R_4 + R_5$

অথবা, $R_S = \frac{8}{3}\,\Omega + 4\,\Omega + 2\,\Omega$

$\therefore\ R_S = \frac{26}{3}\,\Omega = 8.67\,\Omega$

অতএব, A ও D বিন্দুর সাপেক্ষ বর্তনীর তুল্যরোধ $8.67\,\Omega$।

(ঘ) 'গ' হতে পাই, বর্তনীর তুল্য রোধ $R_S = \frac{26}{3}\,\Omega$

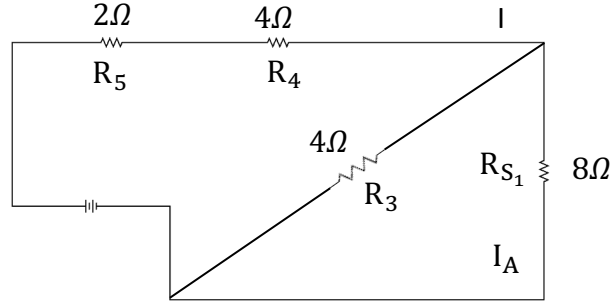
এখানে, কোষের তড়িৎ চালক শক্তি, $E = 12\text{ V}$

$\therefore$ বর্তনীর মূলপ্রবাহ, $I = \frac{E}{R_S} = \frac{12\text{ V}}{\frac{26}{3}\,\Omega} = \frac{18}{13}\text{ A}$

$$\therefore I = 1.385\text{ A}$$

এই মূল প্রবাহটি C বিন্দুতে এসে দুইভাগে বিভক্ত হয়ে R_3 এবং R_{S_1} রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে।

I_{CA} অংশ R_3 রোধের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত হবে

[A ও C বিন্দুর তুল্যরোধ, $R_P = \frac{8}{3}\ \Omega$ 'গ' নং থেকে প্রাপ্ত]

A ও C এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$$V_{CA} = IR_P = \frac{18}{13}\,A \times \frac{8}{3}\,A = \frac{48}{13}\,V$$

$$\therefore I_{CA} = \frac{V_{CA}}{R_3} = \frac{\frac{48}{13}\,V}{4\,\Omega} = \frac{12}{13}\,A$$

এখানে,

$R_{S_1} = 8\,\Omega$ ['গ' হতে]

$R_3 = 4\,\Omega$

$$\frac{I_{CA}}{I} = \frac{12}{13} \times \frac{13}{18}$$

$$\frac{I_{CA}}{I} = \frac{2}{3}$$

$$I_{CA} = \frac{2}{3} I$$

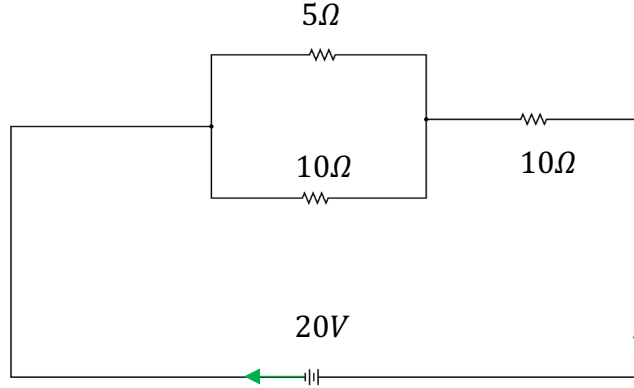
I_{CA} বর্তনীর মোট প্রবাহের দুই তৃতীয়াংশ

আবার, $\frac{2}{3} < 1$

বা, $I_{CA} < I$

অতএব, মূলপ্রবাহের মান বেশি হবে।

প্রশ্ন নং: ০৪

সামসুল হক খান স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা

ক. তড়িৎ বিভব কাকে বলে?

খ. টেলিভিশনের পর্দা দ্রুত ময়লা হয় কেন?

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর।

ঘ. বর্তনীর রোধগুলো কিভাবে সাজালে তড়িৎ প্রবাহ 2A হবে। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

০৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

খ) ব্যবহারের সময় টেলিভিশনের পর্দা ও কম্পিউটার মনিটর স্থির তড়িতে আহিত হয়। এ আধানগুলো অনাহিত কণা যেমন ধুলো-বালি প্রভৃতিকে আকর্ষণ করে। ফলে এগুলো তাড়াতাড়ি ময়লা হয়ে যায়।

(গ) মনে করি, $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ এবং $R_3 = 10\ \Omega$

বর্তনীর তরিচ্চালক শক্তি, $E = 20\ V$

R_1 ও R_2 সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{5\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} = \frac{2+1}{10\ \Omega} = \frac{3}{10}\ \Omega$$

আবার, R_3 ও R_P শ্রেণি সমবায়ে সংযুক্তি। এদের তুল্য রোধ R_S হলে,

$$R_S = R_3 + R_P$$

$$= 10\ \Omega + \frac{10}{3}\ \Omega = \frac{30+10}{3}\ \Omega = \frac{40}{3}\ \Omega = 13.33\ \Omega$$

অতএব, নির্ণেয় তুল্যরোধ $13.33\ \Omega$।

(ঘ) এখানে, বর্তনীর মূল প্রবাহ, $I = 2A$

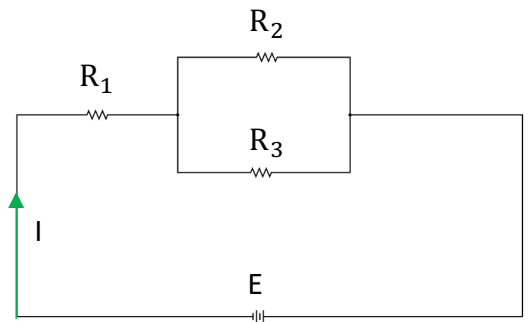
এবং তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 20\ V$

ধরি, $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ এবং $R_3 = 10\ \Omega$

বর্তনীর তুল্যরোধ R হলে, $I = \frac{E}{R}$

$$2\ A = \frac{20\ V}{R}$$

$$R = \frac{20\ V}{2\ A}$$

$$R = 10\ \Omega$$

অর্থাৎ বর্তনীর তুল্যরোধ $10\,\Omega$ হলেই কেবল তড়িৎ প্রবাহ $2\,A$ পাওয়া যাবে। এখন, রোধগুলো উপরের বর্তনীর ন্যায় সাজিয়ে পাই,

R_2 এবং R_3 সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত। এদের তুল্য রোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{10\,\Omega} + \frac{1}{10\,\Omega} = \frac{2}{10\,\Omega} = \frac{1}{5}\,\Omega$$

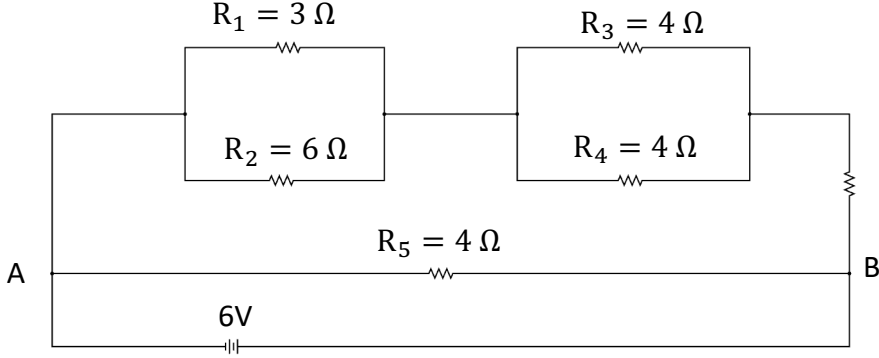
$$R_P = 5\,\Omega$$

আবার, R_P এবং R_1 শ্রেণিতে সংযুক্ত। এক্ষেত্রে বর্তনীর তুল্যরোধ R হলে,

$$R = R_P + R_1 = 5\,\Omega + 5\,\Omega = 10\,\Omega$$

তাহলে, $10\,\Omega$ এবং $10\,\Omega$ রোধকে সমান্তরালে যুক্ত করে এর সাথে $5\,\Omega$ কে শ্রেণিতে সংযুক্ত করলে $2\,A$ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যাবে।

প্রশ্ন নং: ০৫

সফিউদ্দিন সরকার একাডেমী এন্ড কলেজ, টঙ্গী, গাজীপুর।

ক. পীড়ন কাকে বলে?

খ. ইস্পাত রাবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক-ব্যাখ্যা কর।

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ কত?

ঘ. A ও B বিন্দুর রোধ R_5 বিচ্ছিন্ন করা হলে বর্তনীর প্রবাহ মাত্রার কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে? ব্যাখ্যা কর।

০৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোনো বস্তুর মধ্যে বিকৃতির সৃষ্টি হলে স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভেতরে একটি প্রতিরোধ বলের উদ্ভব হয়। বস্তুর ভেতর একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে উদ্ভূত এ প্রতিরোধকারী বলকে পীড়ন বলে।

খ) বস্তুর মধ্যে যেটির প্রতিরোধ ক্ষমতা বেশি সেটি বেশি স্থিতিস্থাপক হবে।

অর্থাৎ যে বস্তুর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক যত বেশি সে বস্তু তত বেশি স্থিতিস্থাপক।

মনে করি, একই দৈর্ঘ্য L এবং প্রস্থচ্ছেদ A বিশিষ্ট একটি ইস্পাত ও একটি রবারের তারের এক প্রান্ত কোনো দৃঢ় বস্তুতে আটকিয়ে অপর প্রান্তে টানা বল F প্রয়োগ করা হলো এবং এতে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি যথাক্রমে l_s ও l_n হল।

ইস্পাতের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_s = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l_s}{L}}$ বা, $Y_s = \frac{FL}{Al_s}$ ....(1)

এবং রবারের ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক, $Y_r = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{l_r}{L}}$ বা, $Y_r = \frac{FL}{Al_r}$ ....(2)

এখন, (১) নং কে (২) নং দ্বারা ভাগ করে, $\frac{Y_s}{Y_r} = \frac{FL}{Al_s} \times \frac{Al_r}{FL} = \frac{l_r}{l_s}$

কিন্তু এবারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $l_r >$ ইস্পাতের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি l_s।

বা, $Y_s > Y_r$

অতএব, প্রমাণিত হলো যে, ইস্পাত রবারের চেয়ে বেশি স্থিতিস্থাপক।

গ) এখানে, $R_1 = 3\,\Omega$ $R_4 = 4\,\Omega$

$R_2 = 6\,\Omega$ $R_5 = 4\,\Omega$

$R_3 = 4\,\Omega$

R_1 ও R_2 সমান্তরালে সংযুক্ত বলে এদের তুল্যরোধ,

$$R_{P_1} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right)^{-1} \Omega = 2\,\Omega$$

R_3 ও R_4সমান্তরালে সংযুক্ত বলে এদের তুল্যরোধ

$$R_{P_2} = \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)^{-1} \Omega = 2\,\Omega$$

R_{P_1} ও R_{P_2} শ্রেণিতে সংযুক্ত বলে এদের তুল্যরোধ,

$$R_S = R_{P_1} + R_{P_2} = (2 + 2)\,\Omega = 4\,\Omega$$

R_S ও R_5 সমান্তরালে সংযুক্ত বলে বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R = \left(\frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_5}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right)^{-1} \Omega = 2\,\Omega$$

অতএব, বর্তনীর তুল্যরোধ $2\,\Omega$।

ঘ) এখানে, বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 6V$

তুল্যরোধ, $R = 2\,\Omega$ ['গ' থেকে প্রাপ্ত]

∴ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R} = \frac{6\,V}{2\,\Omega} = 3\,A$

আবার, R_5 কে বিচ্ছিন্ন করা হলে বর্তনীর তুল্যরোধ হবে $R_S = 4\,\Omega$

['গ' হতে প্রাপ্ত]

এক্ষেত্রে, বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = \frac{V}{R_S} = \frac{6\,V}{4\,\Omega} = 1.5\,A$

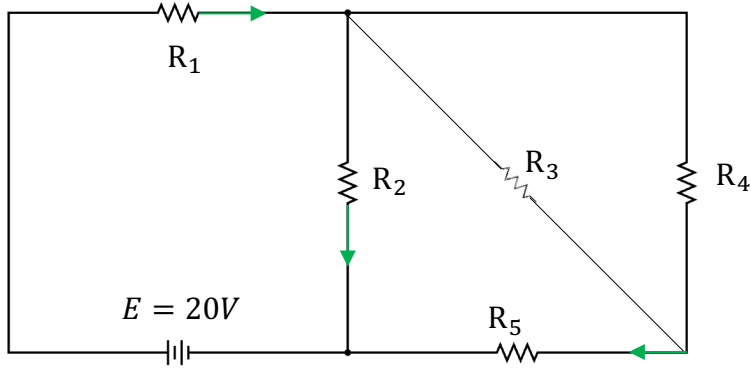
এখন,

$$\frac{I}{I_1} = \frac{3}{1.5} = 2$$

বা, $I_1 = \frac{1}{2} I$

অতএব, A ও B বিন্দুর রোধ R_5 বিচ্ছিন্ন করা হলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা পূর্বের অর্ধেক হবে।

প্রশ্ন নং: ০৬

ময়মনসিংহ জিলা স্কুল, ময়মনসিংহ।

প্রত্যেকটি রোধকের মান 10Ω

ক. আপেক্ষিক রোধ কী?

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা $10NC^{-1}$ বলতে কী বুঝ?

গ. বর্তনীর R_5 এর দু প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত?

ঘ. বর্তনীতে ব্যবহৃত রোধগুলিকে কিভাবে সাজালে এর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহিত হবে? বর্তনী অঙ্কন করে গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

০৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধই ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ।

খ) তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা $10\ NC^{-1}$ বলতে বুঝায় ঐ বিন্দুতে 1C মানের কোনো আধান স্থাপন করলে তা 10N বল অনুভব করে।

(গ) এখানে, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10\Omega$

R_3 ও R_4 এর তুল্য রোধ, $R_{P1} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$

$$= \frac{10\Omega \times 10\Omega}{10\Omega + 10\Omega} = 5\Omega$$

R_5 ও R_{P1} এর তুল্য রোধ, $R_{S1} = R_5 + R_{P1}$

$$= 10\Omega + 5\Omega = 15\Omega$$

R_2 ও R_{S1} এর তুল্য রোধ, $R_p = \frac{R_2 \times R_{S1}}{R_2 + R_{S1}}$

$$= \frac{10\Omega \times 15\Omega}{10\Omega + 15\Omega} = 6\Omega$$

বর্তনীতে মোট প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_1 + R_P} = \frac{20V}{10\Omega + 6\Omega} = 1.25A$

R_P তথা R_2 ও R_{S1} এর বিভব পার্থক্য, $V_P = R_P I$

$$= 6\Omega \times 1.25A = 7.5V$$

এই বিভব পার্থক্য R_5 ও R_{P1} এর বিভাজিত পার্থক্য হবে

∴ ভোল্টেজ বিভাজন নীতি অনুসারে,

R_5 এর বিভব পার্থক্য, $V_5 = \frac{R_5}{R_{P1} + R_5} \times V_P$

$$= \frac{10\Omega}{5\Omega + 10\Omega} \times 7.5V = 5V$$

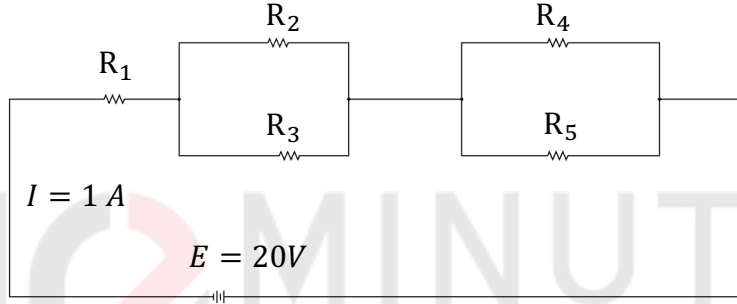
অতএব, বর্তনীর R_5 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 5V

(ঘ) এখানে, কোষের তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 20\ V$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 1A$

এখানে, বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ 1A হতে হলে এর রোধ হতে হবে,

$$R = \frac{E}{I} = \frac{20V}{1A} = 20\Omega$$

দেওয়া আছে, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10\Omega$

R_2 ও R_3 কে সমান্তরালে সংযুক্ত করলে তুল্যরোধ

$$R_{P1} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10\Omega \times 10\Omega}{10\Omega + 10\Omega} = 5\Omega$$

আবার, R_4 ও R_5 রোধদ্বয়কে সংযুক্ত করলে এদের তুল্যরোধ,

$$R_{P2} = \frac{R_4 \times R_5}{R_4 + R_5} = \frac{10\Omega \times 10\Omega}{10\Omega + 10\Omega} = 5\Omega$$

এখন, এই R_{P1} ও R_{P2} রোধ কে R_1 এর সাথে শ্রেণিতে যুক্ত করলে বর্তনীর তুল্যরোধ দাড়ায়

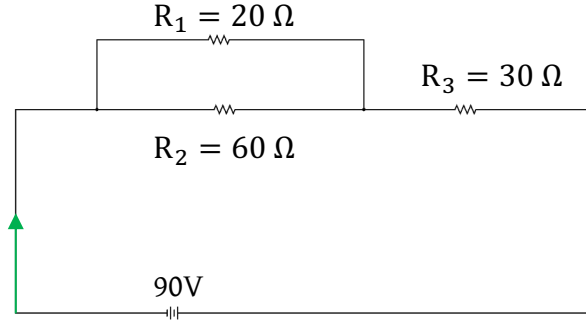
$$R' = R_1 + R_{P1} + R_{P2} = 10\Omega + 5\Omega + 5\Omega = 20\Omega$$

অর্থাৎ উপরোক্ত পদ্ধতিতে রোধগুলোকে সাজালে

$R = R'$ হয়

অতএব, বর্তনীতে ব্যবহৃত করে রোধগুলোর দুটি দুটি করে সমান্তরালে যুক্ত করে এদেরকে অবশিষ্ট রোধটির সাথে শ্রেণিতে যুক্ত করলে বর্তনীর মধ্য দিয়ে 1A তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন নং: ০৭

বিন্দুবাসিনী সরকারি বালক উচ্চ বিদ্যালয়, টাঙ্গাইল

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে?

খ. উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার এবং নিম্নধাপী ট্রান্সফর্মার হওয়ার শর্তগুলো লিখ।

গ. R_1 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ, R_1 ও R_2 এর বিভব পার্থক্য একই কিন্তু R_3 এর বিভব পার্থক্য থেকে ভিন্ন-গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

০৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) যে সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের মোট পরমাণুর ঠিক অর্ধেক পরিমাণ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তাই ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু।

খ) উচ্চধাপী ট্রান্সফর্মার হওয়ার শর্ত হলো-

অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহে রুপান্তর করণ এবং মুখ্য কুন্ডলীতে পাকসংখ্যা গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যার চেয়ে বেশি হতে হয়।

নিম্নধারী ট্রান্সফর্মার হওয়ার শর্ত হলো-

অধিক বিভবের অল্প তড়িৎ প্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরকরণ এবং গৌণ কুন্ডলীর পাকসংখ্যার চেয়ে মুখ্য কুন্ডলীতে পাকসংখ্যা বেশি হতে হয়।

(গ) উদ্দীপক হতে পাই,

১ম রোধ, $R_1 = 20\Omega$; ২য় রোধ, $R_2 = 60\Omega$; ৩য় রোধ, $R_3 = 30\Omega$

তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 90\ V$

R_1 রোধের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ, $I_1 = ?$

এখন, R_1 ও R_2 পরস্পর সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত। তাদের তুল্যরোধ R_P হলে

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{60\Omega}$$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{3+1}{60\Omega}$

বা, $\frac{1}{R_P} = \frac{4}{60\Omega}$

বা, $R_P = 15\Omega$

R_P ও R_3 শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত।

∴ বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = R_p + R_s$

$= 15\Omega + 30\Omega = 45\Omega$

∴ বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{E}{R_s}$

$= \frac{90V}{45\Omega} = 2A$

আবার, R_p এর দুইপ্রান্তের বিভব পার্থক্য,

$V_P = IR_P$

$= 2A \times 15\Omega = 30V$

R_1 এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ,

$I_1 = \frac{V_P}{R_1}$

$= \frac{30V}{20\Omega} = 1.5A$

অতএব, R_1 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা 1.5 A ।

(ঘ) ‘গ’ থেকে পাই,

বর্তনীর মোট তড়িৎ প্রবাহ, $I = 2A$

বর্তনীর তুল্য রোধ, $R_s = 45\Omega$

R_1 ও R_2 রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ, $R_p = 15\Omega$

দেওয়া আছে, বর্তনীর ভোল্টেজ, $E = 90\ V$

এখন, R_p ও R_3 রোধদ্বয় শ্রেণিতে যুক্ত।

সুতরাং প্রত্যেকের মধ্য দিয়ে I পরিমান তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

$\therefore$ R_p অর্থাৎ (R_1 ও R_2) এর বিভব পার্থক্য $V_p = IR_3$

$$= 2A\times15\Omega = 30\ V$$

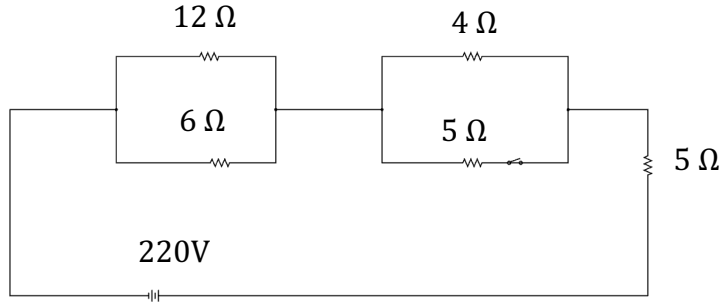
এবং R_3 এর বিভব পার্থক্য, $V_3 = IR_3$

$$= 2A\times30\Omega = 60V$$

সুতরাং $V_p \neq V_3$

অতএব, উদ্দীপকে বর্তনীটির R_1 ও R_2 এর বিভব পার্থক্য একই কিন্তু R_3 এর বিভব পার্থক্য ভিন্ন।

প্রশ্ন নং: ০৮

বীরশ্রেষ্ঠ নূর মোহাম্মদ পাবলিক কলেজ, ঢাকা

ক. তড়িৎ ক্ষেত্র কী?

খ. পরিবাহীর রোধ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের সাথে কীভাবে সম্পর্কিত হয়? ব্যাখ্যা কর।

গ. চাবি K বন্ধ থাকা অবস্থায় উদ্দীপকের বর্তনীর তুল্য রোধ নির্ণয় কর।

ঘ, K খোলা থাকলে তড়িৎ প্রবাহের কিরূপ পরিবর্তন হবে তার গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

০৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) রুপার প্রলেপ দেওয়া বলতে পারা লাগানো বা সিলভারিং বোঝায়। কাঁচের উপর রুপার প্রলেপ দেওয়া পৃষ্ঠের বিপরীত পৃষ্ঠটি প্রতিফলক পৃষ্ঠ বা দর্পণ হিসেবে কাজ করে।

খ) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে পরিবাহীর রোধ এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ $R \propto \frac{1}{A}$ [যখন তাপমাত্রা, উপাদান এবং L ধ্রুবক থাকে]

প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বাড়লে পরিবাহীর রোধ কমে এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল কমলে রোধ বাড়ে।

(গ) চাবি K বন্ধ থাকা অবস্থায় বর্তনীর সবগুলো কার্যকর থাকবে R_1 ও R_2 সমান্তরালে যুক্ত।

∴ তাদের তুল্যরোধ, $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$$= \frac{1}{12\Omega} + \frac{1}{6\Omega}$$

বা, $R = 4$

আবার, R_3 ও R_4 সমান্তরালে যুক্ত।

∴ তাদের তুল্যরোধ, $\frac{1}{R'_P} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega} = \frac{5+4}{20\Omega}$

∴ $R'_P = 2.22\Omega$

আবার, R_P ও R'_P এবং R_5 সিরিজে যুক্ত

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = R_P + R'_P + R_5$

$$= 4\Omega + 2.22\Omega + 5\Omega = 11.22\Omega$$

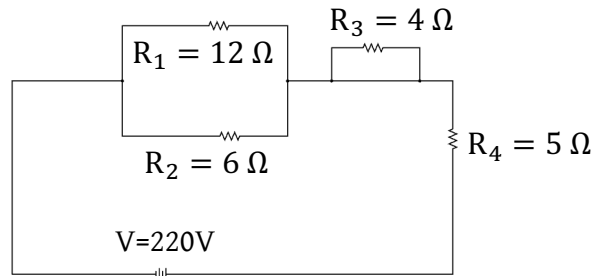
অর্থাৎ বর্তনীর তুল্যরোধ হবে 11.22Ω

(ঘ) 'গ' হতে পাই

চাবি K বন্ধ থাকা অবস্থায় তুল্যরোধ, $R_P = 11.22\Omega$

এবং ভোল্টেজ, $V = 220V$

∴ বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{V}{R_P} = \frac{220V}{11.22\Omega} = 19.61A$

আবার, চাবি K খোলা থাকা অবস্থায়- বর্তনীটি হবে নিম্নরূপ,

R_1 ও R_2 এর তুল্যরোধ

$R = 4\Omega$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

আবার, R_3, R_4 ও R_P সিরিজে যুক্ত।

বর্তনীর তুল্যরোধ, $R_s = R_P + R_3 + R_4$

$$= 4\Omega + 4\,\Omega + 5\,\Omega = 13\Omega$$

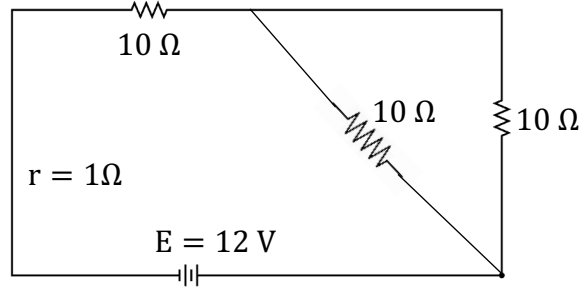
নতুন তড়িৎ প্রবাহ I' হলে,

$$I' = \frac{V}{R_s} = \frac{220V}{13\Omega} = 16.92\ A$$

তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন, $I - I' = 19.61\ A - 16.92\ A = 2.69\ A$

অর্থাৎ K খোলা থাকলে তড়িৎ প্রবাহ এর মান 2.69 A কমে যাবে।

প্রশ্ন নং: ০৯

বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া

ক. তড়িৎ ক্ষমতা কাকে বলে?

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য কেন?

গ. বর্তনীর তুল্যরোধ নির্ণয় কর।

ঘ. বর্তনীতে প্রতিটি রোধে তড়িৎ প্রবাহের মান সমান হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

০৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রে তড়িৎশক্তিকে অন্যান্য শক্তিতে রূপান্তরিত করার হারই তড়িৎ ক্ষমতা।

খ) কোনো একটি ছোট আকারের পরিবাহক ধনাত্মক আধান লাভ করলে এর বিভব বৃদ্ধি পায় এবং এর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু পরিবাহকটি যদি অতি বিশাল আকারের গোলক হয় তাহলে এতে ধনাত্মক আধান বৃদ্ধির কারণে বিভবান্তর পরিলক্ষিত হয় না। আমাদের পৃথিবী এমনি একটি বিশাল আকারের পরিবাহক। পৃথিবী একটি কণাত্মক আধানের বিশাল ভাণ্ডার। তাই এ থেকে কিছু ইলেকট্রন বের করে নিলে অথবা এতে কিছু ইলেকট্রন দিলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। সেজন্য পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

(গ) এখানে, ১ম রোধ, $R_1 = 10\Omega$

২য় রোধ, $R_2 = 10\Omega$

৩য় রোধ, $R_3 = 10\Omega$

এখানে, R_2 ও R_3 সমান্তরালে সংযুক্ত। এদের তুল্যরোধ R_P হলে,

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

বা, $$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{10\Omega} = \frac{2}{10\Omega}$$

বা, $R_P = 5\Omega$

এখন, R_1 ও R_P শ্রেণিতে সংযুক্ত বলে বর্তনীর তুল্যরোধ,

$$R = R_1 + R_P$$

$$= 10\Omega + 5\Omega = 15\Omega$$

অতএব, বর্তনীর তুল্যরোধ 15Ω

(ঘ) এখানে, বর্তনীর তড়িচ্চালক শক্তি, $E = 12\ V$

অভ্যন্তরীণ রোধ, $r = 1\Omega$

তুল্যরোধ, $R = 15\Omega$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

এখন বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ I হলে,

$$I = \frac{E}{R + r}$$

$$= \frac{12V}{15\Omega + 1\Omega}$$

$$= 0.75A$$

$\therefore R_1$ রোধের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ $I_1 = I = 0.75\ A$

R_2 ও R_3 এর তুল্যরোধ, $R = 5\Omega$ [গ নং থেকে প্রাপ্ত]

$\therefore R_2$ ও R_3 এর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে,

$$V = IR_P$$
$$= 0.75\ A \times 5\Omega = 3.75\ A$$

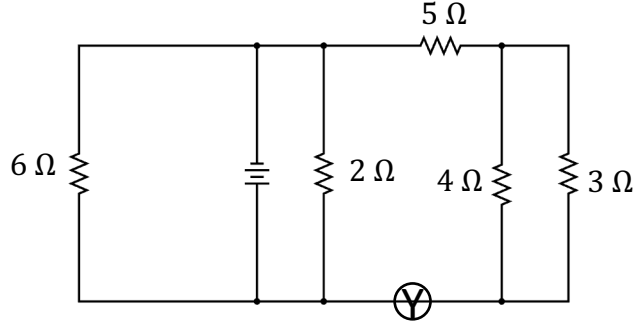
$\therefore R_2$ এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{3.75V}{10\Omega} = 0.375\ A$

$\therefore R_3$ এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{3.75V}{10\Omega} = 0.375\ A$

এখানে, $I_1 \neq I_2 = I_3$

অতএব, বর্তনীতে প্রতিটি রোধে তড়িৎ প্রবাহের মান সমান হবে না।

প্রশ্ন নং: ১০

বগুড়া জিলা স্কুল, বগুড়া

Y যন্ত্রটির গায়ে $20V - 40W$ লেখা আছে।

ক. কুলম্ব কাকে বলে?

খ. তড়িৎক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 20 V বলতে কী বুঝ?

গ. বর্তনীটির মোট তুলরোধ নির্ণয় কর।

ঘ. Y যন্ত্রটি বর্তনীতে যুক্ত অবস্থায় সুরক্ষিত থাকবে কি না- গানিতিকভাবে তা বিশ্লেষণ কর।

১০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) কোনো পরিবাহকের মধ্য দিয়ে এক অ্যাম্পিয়ার (1A) প্রবাহ এক সেকেন্ড (1s) ধরে চললে এর যে কোনো প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে এক কুলম্ব (1 C) আধান বলে।

খ) তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 20 V বলতে বুঝায়- প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে অসীম থেকে তড়িৎ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে 20 J কাজ সম্পন্ন হয়।

অর্থাৎ, $20\text{V} = \frac{20\text{J}}{1\text{C}}$

(গ)

Y যন্ত্রটির রোধ, $R_Y = \frac{V^2}{P}$

$$= \frac{(20\ V)^2}{40\ W} = 10\Omega$$

এখানে,

ক্ষমতা, $P = 40W$

বিভব, $V = 20\ V$

3Ω ও 4Ω রোধদ্বয়ের তুল্যরোধ, $R_{P1} = \frac{3\Omega \times 4\Omega}{3\Omega + 4\Omega} = \frac{12}{7}\Omega$

5Ω, R_{P1} ও R_Y এর তুল্যরোধ, $R_s = 5\Omega + R_{P1} + R_Y$

$$= 5\Omega + \frac{12}{7}\Omega + 10\Omega = \frac{117}{7}\Omega$$

R_s ও 2Ω এর তুল্যরোধ, $R_{P2} = \frac{R_s \times 2\Omega}{R_s + 2\Omega}$

$$= \frac{\frac{117}{7}\Omega \times 2\Omega}{\frac{117}{7}\Omega + 2\Omega} = \frac{234}{131}\Omega$$

এখন, R_{P2} ও 6Ω রোধের তুল্যরোধ, $R_P = \frac{R_{P2} \times 6\Omega}{R_{P2} + 6\Omega}$

$$= \frac{\frac{234}{131}\Omega \times 6\Omega}{\frac{234}{131}\Omega + 6\Omega}$$

$$R_P = \frac{117}{85}\Omega$$

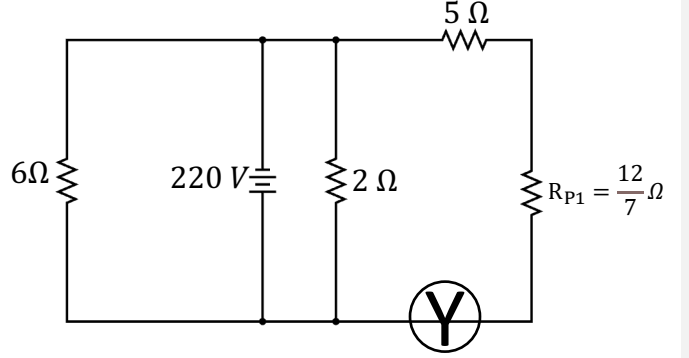
অতএব, কোষের দুই প্রান্তের সাপেক্ষে বর্তনীটির মোট তুল্যরোধ $\frac{117}{85}\ \Omega$

(ঘ) ধরি, Y যন্ত্রটির মধ্য নিয়ে সর্বোচ্চ I_{max} তড়িৎ নিরাপদে প্রবাহিত হতে পারবে। সুতরাং

$W = VI_{max}$

বা, $I_{max} = \frac{W}{V}$

$= \frac{40\ W}{20\ V}$

$\therefore I_{max} = 2A$

'গ' হতে পাই, $R_{P1} = \frac{12}{7}\Omega$ এবং Y যন্ত্রটির রোধ $R_Y = 10\Omega$

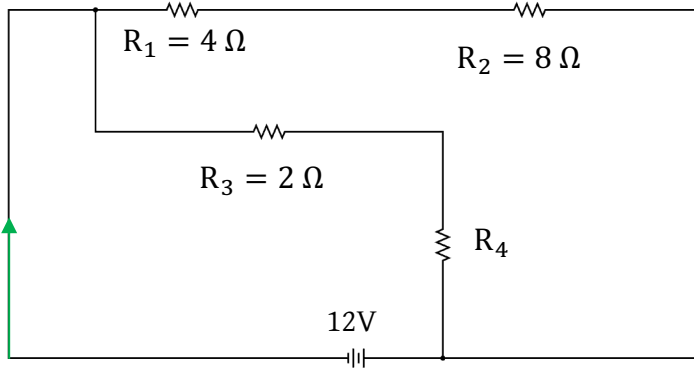
$\therefore$ Y যন্ত্রটির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ, $I_Y = \frac{220V}{5\Omega + R_{P1} + R_Y}$

$$\text{বা, } I_Y = \frac{220V}{5\Omega + \frac{12}{7}\Omega + 10\Omega}$$

$$\therefore I_Y = 13.16\ A$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে, $I_Y > I_{max}$ অর্থাৎ উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্তনীতে Y যন্ত্রটির মধ্য দিয়ে রেটেড কারেন্টের চেয়ে অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হবে। অতএব, Y যন্ত্রটি বর্তনীতে যুক্ত অবস্থায় সুরক্ষিত থাকবে না- পুড়ে যাবে।

প্রশ্ন নং: ১১

নওগাঁ কে.ডি. সরকারি উচ্চ বিদ্যালয়, নওগাঁ

ক. তড়িৎ আবেশ কাকে বলে?

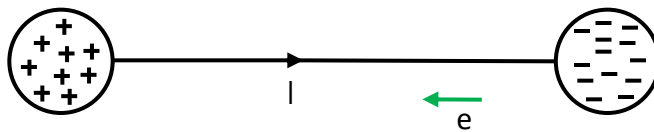
খ. স্থির তড়িৎ থেকে চলতড়িৎ পাওয়ার ব্যাখ্যা চিত্রের সাহায্যে দেখাও।

গ. R_4 এর মান কত?

ঘ. উক্ত বর্তনীর R_2 এর তড়িৎ প্রবাহ 1A হবে কি? বিশ্লেষণ কর।

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক) একটি আহিত বস্তুর কাছে এনে স্পর্শ না করে শুধুমাত্র এর উপস্থিতিতে কোনো অনাহিত বস্তুকে আহিত করার পদ্ধতিকে তড়িৎ আবেশ বলে।

খ) কোনো বস্তুতে মোট ধনাত্মক আধান এবং মোট ঋণাত্মক আধান সমান না হলে বস্তুটি তড়িতাহিত হয়। এক্ষেত্রে আধান চলাচলের সুযোগ না থাকলে উক্ত আধান স্থির থাকে। কিন্তু ভিন্ন বিভবের বস্তুর সাথে সংযুক্ত পরিবাহীর সংস্পর্শে আসলে তা প্রবাহিত হয় এবং চল তড়িৎ সৃষ্টি করে।

(গ) প্রদত্ত বর্তনীতে R_3 ও R_4 শ্রেণীতে সংযুক্ত এবং এদের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ $I' = 2A$

উদ্দীপক অনুসারে,

$$I' = \frac{E}{R_3 + R_4}$$

বা, $R_3 + R_4 = \frac{E}{I'}$

বা, $R_4 = \frac{E}{I'} - R_3$

বা, $R_4 = \frac{12V}{2A} - 2A$

$\therefore R_4 = 4\Omega$

এখানে,
রোধের তড়িৎ চালকশক্তি,
$E = 12V$
$R_3 = 2\Omega$

অতএব, উদ্দীপক অনুসারে R_4 এর মান 4Ω।

(ঘ) প্রদত্ত বর্তনীতে R_1 ও R_2 রোধদ্বয় শ্রেণি সমবায়ে এবং এই সমবায়ের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কোষের তড়িচ্চালক শক্তির সমান। উক্ত শ্রেণি সমবায় তথা R_2 রোধের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12V}{4\Omega + 8\Omega}$$

$\therefore I = 1A$

এখানে, $R_1 = 4\Omega$
$R_2 = 8\Omega$
$E = 12V$

অতএব, উদ্দীপকের বর্তনীর R_2 এর তড়িৎ প্রবাহ 1 A হবে।

SOLVED MCQ

১. A ও B দুইটি বস্তুর বিভব যথাক্রমে 300v ও 400v হলে ইলেকট্রন কোন দিকে প্রবাহিত হবে ?

ক. A থেকে B ✔ খ. B থেকে A গ. উভয়ই ঘ. প্রবাহিত হবে না

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ তড়িৎ প্রবাহের দিক উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে।

২. দুইটি বস্তুর মধ্যে ইলেকট্রন প্রবাহ নিরবিচ্ছিন্ন রাখার জন্য কি বজায় রাখতে হবে ?

ক. অবস্থান খ. ভর গ. দূরত্ব ঘ. বিভব পার্থক্য ✔

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ ইলেকট্রন দিক নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকের প্রবাহিত হবে। আর এ প্রবাহকে নিরবিচ্ছন রাখার জন্য তাদের মধ্যে বিভব পার্থক্য বজায় রাখতে হবে। বিভব পার্থক্য শূন্য হলে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়।

৩. নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. $w = vq$ ✔ খ. $w = \frac{v}{q}$ গ. $Q = \frac{v}{w}$ ঘ. $Q = VW$

৪. বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করার জন্য কীসের প্রয়োজন ?

ক. তাপ খ. চাপ গ. তড়িৎ প্রাবল্য ঘ. তড়িৎ শক্তি ✔

৫. কোনটির মধ্যে দিয়ে অল্প পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহিত হয় ?

ক. পরিবাহী   খ. অপরিবাহী   গ. অর্ধপরিবাহী   ঘ. অন্তরক

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সাধারণ তাপমাত্রায় পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি, সে সকল পদার্থকে অর্ধ পরিবাহী বলে। যেমনঃ জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি।

৬. নিচের কোনটি পরিবাহী ?

ক. প্লাস্টিক   খ. রাবার   গ. অ্যালুমিনিয়াম   ঘ. সিলিকন

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ
তড়িৎ সুপরিবাহী পর্দাথঃ তামা, রূপা, অ্যালুমিনিয়াম।
তড়িৎ অপরিবাহী পর্দাথঃ প্লাস্টিক, রাবার, কাঠ।
তড়িৎ অর্ধপরিবাহী পর্দাথঃ সিলিকন, জার্মেনিয়াম।

৭. নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. $I = \frac{1C}{1S}$ খ. $1C = \frac{1S}{1A}$ গ. $I = 1CS$ ঘ. $I = 1C^{-1}S$

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $I = \frac{Q}{t} \therefore 1 = \frac{1C}{1S}$

৮. কোনো একটি পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 12V এবং তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা 5A হলে রোধ কত ?

ক. 0.41Ω খ. 2.4Ω গ. 60Ω ঘ. 125Ω

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $R = \frac{V}{I} \therefore \frac{12V}{5A} = 2.4\Omega$

৯. প্রবাহিত তড়িৎ, তাপমাত্রা এবং বিভব পার্থক্য সম্পর্কে সূত্র প্রদান করে কে ?

ক. নিউটন খ. গ্যালিলিও গ. আইনস্টাইন ঘ. ওহম ✓

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সাধারণ তাপমাত্রায় পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি, সে সকল পদার্থকে অর্ধ পরিবাহী বলে। যেমনঃ জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি।

১০. বিভব পার্থক্য অপরিবর্তিত রেখে রোধ দ্বিগুণ করলে তড়িৎ প্রবাহের কি পরিবর্তন হবে ?

ক. দ্বিগুন হবে খ. চারগুণ হবে গ. অর্ধেক হবে ✓ ঘ. এক-চতুর্থাংশ হবে

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $V = IR$ এখনে দেখা যাচ্ছে প্রবাহিত তড়িৎ এবং রোধ পরস্পর ব্যস্তানুপাতিক। ফলে রোধ দ্বিগুণ করলে তড়িৎ প্রবাহ অর্ধেক হবে।

১১. পরিবাহিতার একক কী ?

ক. Ω খ. Ω^{-1} ✓ গ. ω ঘ. ω^{-1}

১২. পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বাধার সৃষ্টি করে কোনটি ?

ক. তড়িৎ বলরেখা খ. রোধ ✓ গ. প্রাবাল্য ঘ. ভর

১৩. Ω চিহ্নটির নাম কী ?

ক. ফাই খ. ওহম ✓ গ. সাই ঘ. ডেলটা

১৪. কত তাপমাত্রায় রূপার রোধকত্ব $1.6\times10^{-8}\Omega m$?

ক. 10°C . 20°C গ. 30°C ঘ. 40°C

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ 20°C তাপমাত্রায় রূপার রোধকত্ব 1.6×10^{-8} বলতে বুঝায় 20°C তাপমাত্রায় $1m$ দৈর্ঘ্য ও $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট রূপার তারের রোধ হবে $1.6\times10^{-8}\Omega$।

১৫. নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ তামার তারের আপেক্ষিক রোধের কত গুণ ?

ক. 40 গুণ খ. 50গুণ . 60গুণ ঘ. 70 গুণ

১৬. তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল দ্বিগুণ হলে রোধের কীরূপ পরিবর্তন হবে ?

ক. দ্বিগুন হবে খ. চারগুণ হবে . অর্ধেক হবে ঘ. এক-চতুর্থাংশ হবে

১৭. একটি পরিবাহীর রোধ 20 ওহম এবং প্রবাহমাত্রা 0.5 A হলে এই দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য কত হবে ?

ক. 40 $volt$ খ. 30 $volt$ গ. 20 $volt$. 10 $volt$

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ

$V = IR, R = 20\Omega, I = 0.5\ A, V = ?$

$V = 20\times0.5 = 10\ volt$

১৮. $V_1, V_2,$ ও V_3 বিভব পার্থেক্যের তিনটি রোধের তুল্য বিভব পার্থক্য শ্রেণি সন্নিবেশের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক ?

ক. $V = V_1\times V_2\times V_3$ খ. $V = V_1 + V_2 + V_3$ গ. $V = V_1 - V_2 - V_3$ ঘ. $V = V_1\times V_2 - V_3$

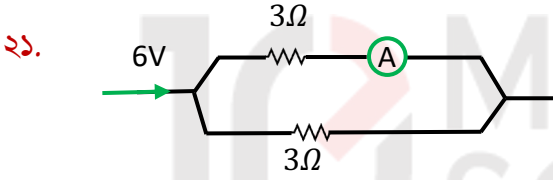
১৯. শ্রেণি সন্নিবেশে তুল্য রোধের মান আলাদা আলাদাভাবে প্রত্যেকটি রোধের মানের—

ক. সমান খ. ছোট গ. বর্গমূলের সমান . বড়

২০. 4Ω মানের চারটি রোধ সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করলে, এদের তুল্য রোধ কোনটি হবে ?

ক. 16Ω খ. $\frac{1}{4}\Omega$ গ. $\frac{1}{16}\Omega$. 1Ω

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{4}{4}\Omega \therefore R_p = 1\Omega$

২১.

অ্যামিটার এর পাঠ কত ?

. $2A$ খ. $3A$ গ. $6A$ ঘ. $12A$

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $\mathrm{I} = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{R}} = \frac{6\mathrm{V}}{3\mathrm{V}} = 2\Omega$

২২. সমমানের দুইটি রোধ শ্রেণি সমান্তরাল সমবায়ের তুল্য রোধের মান যথাক্রমে 10Ω ও 2.5Ω হলে রোধকদ্বয়ের মান কত ?

ক. 5Ω খ. $\frac{1}{4}\Omega$ গ. $\frac{1}{16}\Omega$ ঘ. 1Ω

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $R_1 + R_2 = 10\Omega \;\therefore 2R = 10\Omega \;\therefore R = 5\Omega$

২৩. সমান্তরাল সন্নিবেশের জন্য কোনটি সঠিক ?

ক. $R = R^1 + R^2$

খ. V= $V^1 + V^2$

গ. $IR = I_1R_1 + I_2R_2$

ঘ. $I = I_1 + I_2$ (✓)

২৪. তুল্যরোধের ক্ষেত্রে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা ও বিভব পার্থ্যকের কী পরিবর্তন হয় ?

ক. বৃদ্ধি পায়   খ. হ্রাস পায়   গ. অপরিবর্তিত থাকে (✓)   ঘ. শূন্য হয়

২৫. পরিবাহীর রোধকে অতিক্রম করার জন্য তড়িৎশক্তির একটি অংশ কিসে রূপান্তরিত হয় ?

ক. আলোকে   খ. তাপে (✓)   গ. শব্দে   ঘ. সবগুলোই

২৬. নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. $P = VI$ (✓)   খ. I = VP   গ. V = PI   ঘ. $I = \frac{v}{p}$

২৭. তড়িৎ শক্তির ক্ষেত্রে কোন সূত্রটি সঠিক ?

ক. $W = V/IT$ খ. $W = I^2RT$ (✓)   গ. $W = I^2/RT$ ঘ. $W = \frac{V^2R}{T}$

২৮. শক্তির রূপান্তরের হারকে কি বলে ?

ক. কাজ খ. ভোল্টেজ গ. ক্ষমতা ঘ. জুল

২৯. নিচের কোনটির মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে ?

ক. কাঠ খ. কাগজ গ. রাবার ঘ. পানি

৩০. নিউট্রাল তারের বিভব কত ভোল্ট ?

ক. 0 খ. $5V$ গ. $220\ V$ ঘ. $440V$

৩১. পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য দ্বিগুণ করা হলে–

$i.$ রোধ দ্বিগুণ হবে। $ii.$ তড়িৎ প্রবাহ দ্বিগুণ হবে $iii.$ তড়িৎ প্রবাহ এক চর্তুতাংশ হবে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii খ. i ও iii গ. ii ও iii গ. ii ও iii

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ

$V = IR,$ অর্থাৎ $V \propto I$ এবং $V \propto R$ বিভব পার্থক্য অর্ধেক করা হলে প্রবাহ ও রোধ দ্বিগুণ হবে।

৩২. স্থির তড়িৎএর ক্ষেত্রে আধান—

$i.$ চলাচল করতে পারে।

$ii.$ চলাচল করতে পারে নাহ

$iii.$ স্থির থাকে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii

খ. i ও iii

গ. ii ও iii

গ. ii ও iii

৩৩. কোনো ধাতব পাতকে হাত ধারা স্পর্শ করলে তা—

$i.$ আহিত হবে

$ii.$ আধান শূন্য হবে

$iii.$ অনাহিত হবে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii

খ. i ও iii

গ. ii ও iii

গ. ii ও iii

তথ্য/ব্যাখ্যা:

$Q = it$ আধান, Q বের করার জন্য প্রবাহিত তড়িৎ, $I = 10A$ এবং সময় $t = 5s$ উপরোক্ত সূত্র বসালেই উত্তর পাওয়া যাবে।

৩৪. অন্তরক পর্দাথের ক্ষেত্রে—

$i.$ কাচ, রাবার

$ii.$ অন্তরকের মধ্যে ইলেকট্রন থাকে

$iii.$ অন্তরকের মধ্যে দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় নাহ

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii

খ. i ও iii

গ. ii ও iii

গ. ii ও iii

৩৫. রোধকের প্রকার ভেদ গুলো হলো—

i. স্থির রোধক

ii. পরিবর্তনশীল রোধক

iii. আপেক্ষিক রোধক

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii খ. i ও iii গ. ii ও iii গ. ii ও iii

৩৬. পরিবাহীর মধ্যে দিয়ে কি পরিমাণ আধান প্রবাহিত হবে ?

ক. $5A$ খ. $6A$ গ. $\frac{1}{6}A$ ঘ. $150A$

৩৭. পরিবাহীর মধ্যে দিয়ে কত সময়ে $15A$ তড়িৎ প্রবাহিত হবে ?

ক. $15s$ খ. $2s$ গ. 5 ঘ. $15s$

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $Q = it\ t = \frac{Q}{i}$

❑ একটি বাল্বের গায়ে $40w - 220v$ লেখা আছে।

৩৮. বাল্বটির রোধ কত ?

ক. 484Ω খ. 854Ω গ. 1210Ω ঘ. 1350Ω

তথ্য ও ব্যাখ্যাঃ $P = \frac{V^2}{R}$ বা, $R = \frac{V^2}{P}$ বা, $R = \frac{220^2}{40} = 1210\Omega$

৩৯. বাল্বটির মধ্যে দিয়ে কত তড়িৎ প্রবাহিত হয় ?

ক. 0.12A   খ. 0.18A   গ. 0.25A   ঘ. $0.31A$

তথ্য/ব্যাখ্যা : $P = VI \therefore I = \frac{p}{v} = \frac{40w}{220v} = 0.18A$

৪০. বাল্বটি কত ঘণ্টা জ্বালালে এক ইউনিট খরচ হবে ?

ক. 12h   খ. 15h   গ. 20h   ঘ. $25h$

তথ্য/ব্যাখ্যা : $W = Pt \therefore 1 = \frac{40 \times t}{1000} \quad \therefore t = 25\ hr$